

PORAUS- JA PANOSTUSTYÖN LAADUNTARKKAILU  
SEKÄ AVOLOUHOSSINÄMÄRÄJÄYTYSTEN  
ARVIOINNIN KEHITTÄMINEN

D&B -kehitysprojekti

Kaaretkoski Mikko

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Insinööri (AMK)

2017

Tekniikka ja liikenne  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Mikko Kaaretkoski	<b>Vuosi</b>	2017
<b>Ohjaaja(t)</b>	Juha Vesa		
<b>Toimeksiantaja</b>	Boliden Kevitsa Mining Oy		
<b>Työn nimi</b>	Poraus- ja panostustyön laaduntarkkailu sekä avolouhosseinämäräjäytysten arvioinnin kehittäminen		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	60 + 14		

---

Työssä tarkasteltiin Boliden Kevitsa Mining Oy:n avolouhoksessa poraus- ja panostustyön laatua sekä kehitettiin seinämäräjäytyksen arviointia. Kaivoksella on aikaisemminkin tutkittu ja seurattu poraus- ja panostustyötä, mutta dokumentointi on jäänyt aikaisemmin pois. Työn tarkoituksena oli kehittää poraus- ja panostustyötä kerättyjen laatutietojen avulla.

Poraus- ja panostustyötä seurattiin mittaamalla porareikien syvyyksiä ja saatuja tuloksia verrattiin suunnitelmiin. Avolouhosseinämäräjäytyksiä lähdettiin kehittämään arviointilomakkeen avulla, millä saatiin dokumentoitua laatutietoa seinämästä lähes heti räjäytyksen ja rusnauksen jälkeen.

Laaduntarkkailulla saatiin selville se, ettei kaikkia porareikiä porattu niin kuin ne oli suunniteltu. Erityisesti ne kenttäreiät, joiden pohjat osuivat lähelle alemman tason turvatasanteen reunaa, olivat syvempiä kuin suunnitellut. Seinämäräjäytysten arviointia, kuten poraus- ja panostustyön laaduntarkkailua tulisi tehdä pitempiaikaisesti, jotta saataisiin jatkuva ja kattava kokonaiskuva töiden laadusta. Samalla mahdolliset muutokset ja niiden vaikutukset näkyisivät selkeämmin.

Avainsanat

avolouhintä, poraus, panostus, räjäytys, rakolinja

School of Technology  
Civil Engineering Programme  
Engineer

---

<b>Author</b>	Mikko Kaaretkoski	<b>Year</b>	2017
<b>Supervisor</b>	Juha Vesa		
<b>Commissioned by</b>	Boliden Kevitsa Mining Oy		
<b>Subject of thesis</b>	Quality Monitoring of Drilling and Blasting Work and Development of Open-pit Mine Wall Blasting Assessment		
<b>Number of pages</b>	60 + 14		

---

The thesis examined drilling and charging work in the Boliden Kevitsa Mining Oy's open-pit as well as developed a wall blasting assessment. The mine has previously studied and tracked the drilling and charging work, but the documentation had not been done earlier. The purpose of the thesis was to develop the drilling and charging work using the collected quality data.

The drilling and charging work was monitored by measuring the depth of the drill holes and the results obtained were compared to the plans. The open pit wall detonations were started by developing an evaluation form, which provides documented quality information about the wall almost immediately after blasting and scaling.

The quality control revealed that not all drill holes were drilled as planned. Particularly those field holes whose bottom was near the edge of the lower level safety deck were deeper than planned. The evaluation of wall blasting, such as the drilling and charging work quality monitoring, should be carried out longer in order to provide a continuous and comprehensive overview of the quality of work. At the same time, possible changes and their effects would be more clearly visible.

Key words                      presplit, drilling, mining, charging, blasting

## SISÄLLYS

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO.....	6
1 JOHDANTO.....	8
2 AVOLOUHOS.....	9
2.1 Kevitsan avolouhos.....	9
2.2 Yleistä avolouhoksista .....	10
2.3 Kaivossanastoa .....	11
3 LOUHINTAMENETELMÄ .....	13
3.1 Pengerlouhinta.....	13
3.2 Poraus .....	14
4 GEOLOGIA.....	15
5 KALUSTO.....	17
5.1 Kevitsan porauskalusto.....	17
5.2 Orica Finland Oy:n panostus- ja räjäytyskalusto.....	18
5.3 Rusnauskalusto .....	19
6 RAKOLINJA JA BUFFER -REIÄT.....	21
6.1 Rakolinja.....	21
6.2 Buffer-reiät.....	23
7 RÄJÄYTYSTYÖT.....	25
7.1 Ominaispanostus .....	25
7.2 Sytytysvälineet.....	25
7.2.1 Rakolinjan sytytys pyroteknisillä hidasteilla .....	26
7.2.2 EBS-nallien käyttö seinämien hallinnassa.....	27
7.3 Käytettävät räjähdysaineet.....	28
7.3.1 Pentex™-aloitepanokset .....	28
7.3.2 Fortis™ Advantage.....	29
7.4 Rakolinjan panostus .....	30
8 MITATTAVAT KENTÄT .....	33
8.1 Stage 2 .....	33
8.1.1 Rakolinja .....	33

---

8.1.2	B1078X001 TRIM.....	33
8.1.3	B1078X003 ja B1078X004 .....	35
8.1.4	B1078X005 ja B1078X006 .....	38
8.1.5	B1090X022 .....	39
8.1.6	B1090M025 ja B1090R026 .....	40
8.1.7	B1090R028 .....	41
8.2	Stage 3 .....	42
8.2.1	Rakolinja .....	42
8.2.2	C1198R013 ja C1198R012 .....	43
8.2.3	C1186R009 .....	45
8.2.4	C1186R011 ja C1186R012 .....	46
9	SEINÄMÄN LAADUN ARVIOINTILOMAKE.....	49
10	TULOKSET.....	50
10.1	Kenttien mittaukset .....	50
10.2	Seinämän laadun arviointi .....	53
11	POHDINTA .....	57
	LÄHTEET .....	58
	LIITTEET .....	60

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Kevitsan sijainti.....	9
Kuvio 2. Avolouhoksen neljä eri vaihetta.....	10
Kuvio 3. Sanastoa.....	12
Kuvio 4. Pengerlouhintaa .....	13
Kuvio 5. Ruhjealue stage 2.....	15
Kuvio 6. Ruhjealue räjäytyksen jälkeen.....	16
Kuvio 7. D65 poravaunu poraamassa.....	17
Kuvio 8. D65:n 165 mm porakruunu.....	18
Kuvio 9. Orican pumppuauto.....	18
Kuvio 10. Rusnaus pitkäpuomilla.....	19
Kuvio 11. Seinäkynnen porausta D7:lla.....	20
Kuvio 12. Havainne kuva rakolinja-, buffer- ja tuotantorei'istä.....	21
Kuvio 13. Rakolinja ja TRIM-porausmalli.....	22
Kuvio 14. Havainne kuva porarei'istä Chadon Malun avolouhokselta.....	24
Kuvio 15. Kytkeväpää 0 ms.....	26
Kuvio 16. EBS-näyttö ja liitin.....	27
Kuvio 17. Pentex™ 250–1700.....	29
Kuvio 18. Rakolinjan kytkentä.....	30
Kuvio 19. Ryogur Presplit liitäntä R-tulilankaan.....	31
Kuvio 20. Panostettu rakolinja.....	32
Kuvio 21. Rakolinja kenttien X005–X006 takana .....	33
Kuvio 22. Rakolinja kenttien X003–X004 takana.....	33
Kuvio 23. B1078X001 TRIM.....	35
Kuvio 24. Kuvakaappaus B1078X001 TRIM 3D-mallista.....	35
Kuvio 25. B1078X003-porakentän suunnitelma.....	36
Kuvio 26. B1078X004-porakentän suunnitelma.....	36
Kuvio 27. Kuvakaappaus B1078X003:n 3D-mallista.....	37
Kuvio 28. Kuvakaappaus B1078X004:n 3D-mallista.....	37
Kuvio 29. B1078X006-porakentän suunnitelma.....	38
Kuvio 30. B1090X022-porakentän suunnitelma.....	39
Kuvio 31. Kuvakaappaus B1090X022-kentän 3D-mallista.....	39

Kuvio 32. B1090M025-suunnitelma.....	40
Kuvio 33. B1090M025 3D-malli.....	40
Kuvio 34. B1090R026-kentän suunnitelma.....	41
Kuvio 35. Kuvakaappaus B1090R028:n 3D-mallista.....	41
Kuvio 36. B1090R028-kentän liian syvät reiät.....	42
Kuvio 37. +198 tason rakolinja R013-kentän kohdalta.....	42
Kuvio 38. +186 tason rakolinja R011-kentän kohdalta.....	43
Kuvio 39. +186 tason rakolinja R012-kentän kohdalta.....	43
Kuvio 40. C1198R013-suunnitelma.....	43
Kuvio 41. C1198R013 3D-malli.....	44
Kuvio 42. C1198R012 3D-malli.....	44
Kuvio 43. C1186R009-suunnitelma.....	45
Kuvio 44. C1186R009 3D-malli.....	46
Kuvio 45. C1186R011-suunnitelma.....	47
Kuvio 46. C1186R011 3D-malli.....	47
Kuvio 47. C1186R012-suunnitelma.....	48
Kuvio 48. C1186R012 3D-malli.....	48
Kuvio 49. Poikkileikkaus avolouhosseinämästä.....	50
Kuvio 50. B1090X022-kentän yläpuolella rikkoutunut turvatas. kantti.....	51
Kuvio 51. B1078X001 TRIM vertailu laserskannaukseen.....	52
Kuvio 52. B1090R026-kentän lastaustasoon jäänyt kynsi.....	53
Kuvio 53. B1078X003-kentän kohdalla oleva seinämä.....	54
Kuvio 54. ”Kivipatja” B1090X022-kentän seinämässä.....	55
Kuvio 55. Avolouhosseinämää stage 2:lla.....	56
 Taulukko 1. Pentex™-aloitepanoksen tekniset ominaisuudet.....	 28
Taulukko 2 Fortis™ Advantagen tekniset ominaisuudet.....	30
Taulukko 3 DuPont handbookin suosituksia rakolinjan latauskuormille.....	32
Taulukko 4. +90-tasolla seinämistä saatua tietoa.....	54
Taulukko 5. +78-tasolla seinämistä saatua tietoa.....	54

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni on saatu toimeksiantona Boliden Kevitsa Mining Oy:ltä kesällä 2017. Työ liittyy Kevitsan avolouhoksella käynnissä olevaan D&B-kehitysprojektiin.

Projektin tavoitteena on kehittää porausta ja panostusta niin, että seinäkynsien poraus- ja panostustyön määrä minimoituu ja penkereiden yläreunat pysyisivät mahdollisimman hyvin ehjinä.

Opinnäytetyössäni kerätään mahdollisimman paljon porauksen ja panostuksen laatatietoa, joiden avulla päästäisiin kiinni em. ongelmia aiheuttaviin syihin. Samalla kehitettiin järjestelmä, jonka avulla avolouhoksen seinämäräjäytysten laadua voidaan arvioida ja siihen liittyviä asioita voidaan dokumentoida.

Lisäksi käsittelin työssäni muita tärkeitä asioita, jotka vaikuttavat seinämän laatuun. Näitä asioita ovat geologia, porareikien suunnittelu, räjäytystyöt sekä räjähdysaineet.

Työn tavoitteen saavuttamiseksi keskityin työssäni louhosseinämän laadun kannalta kriittisten porareikien laadun ja panostuksen tarkkailuun sekä tiedon keräämiseen. Näitä reikiä ovat rakolinjan reiät, buffer-reiät sekä ne kenttäreiät, joiden pohjat osuvat lähelle alemman penkereen yläreunaa.

Porarei'istä mitattiin poraussyvyys ja panostamattoman kannen paksuus. Poramattomia ja panostamattomia reikiä ei tarvinnut raportoida, koska niitä koskeva tieto saatiin kerättyä muilla tavoin.



## 2 AVOLOUHOS

### 2.1 Kevitsan avolouhos

Kevitsan kupari- ja nikkeli-kaivos sijaitsee Pohjois-Suomessa Sodankylän kunnassa. Kaivos aloitti toimintansa vuonna 2012 ja päätös kaivoksen avaamisesta tehtiin jo vuonna 2009. Kaivos toimii avolouhoksena. (New Boliden 2017; Kuvio 1.)

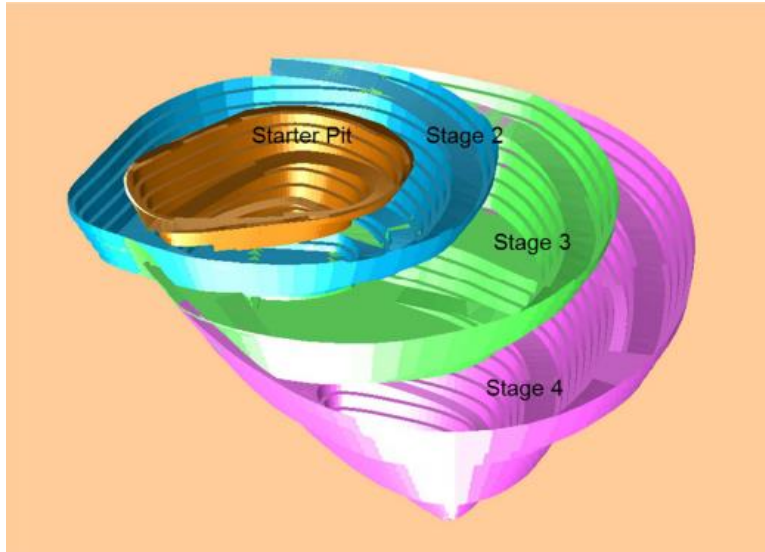
Boliden hankki Kevitsan kaivoksen itselleen kesäkuussa 2016. Malmirikaste toimitetaan Kevitsasta Bolidenin omalle sulatolle Harjavaltaan ja muille ulkoisille asiakkaille. Kevitsan esiintymä löydettiin vasta vuonna 1987 ja se onkin yksi suurimmista mineraalilöydöistä Suomessa kautta aikojen. (New Boliden 2017.)

Joulukuussa 2012 kaivoksessa arvioitiin olevan noin 160 miljoonaa tonnia louhintakelpoista malmia. Suunnitellulla 5 miljoonan tonnin vuosituotannolla varat riittäisivät yli 30 vuotta. (New Boliden 2017.)



Kuvio 1. Kevitsan sijainti (New Boliden Oy)

Avolouhos on suunniteltu neljäksi eri vaiheeksi stage 1-4 (Kuvio 2). Tällä hetkellä kaivoksessa louhitaan malmia ja sivukiveä stage 2:lta sekä stage 3:lta.



Kuvio 2. Avolouhoksen neljä eri vaihetta (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

## 2.2 Yleistä avolouhoksista

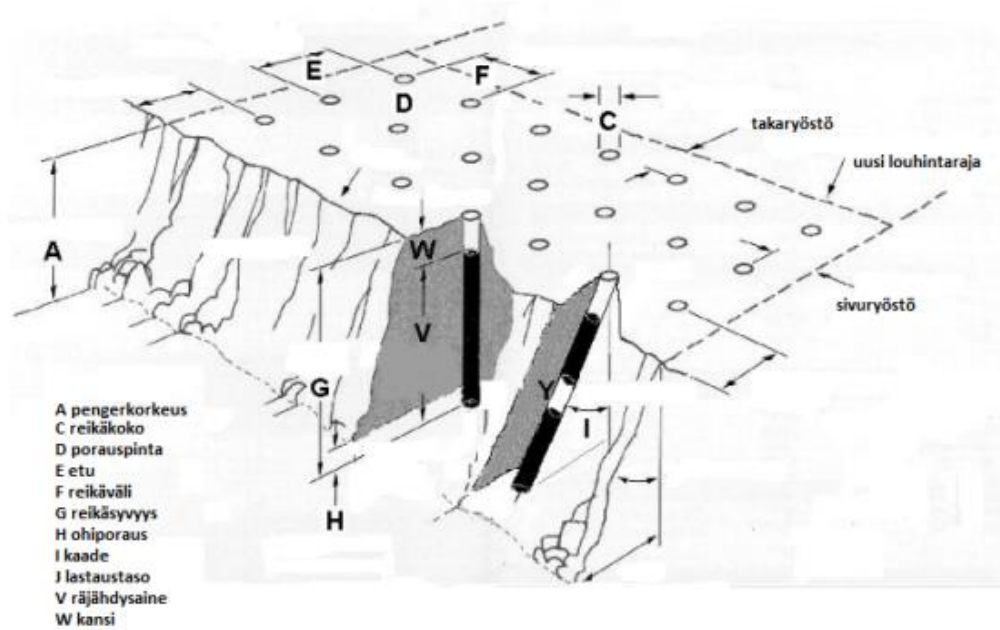
Avolouhoksessa louhinta tapahtuu maanpinnalla. Avolouhoksista louhitaan malmia eli erilaisia metalleja ja arvomineraaleja, myös sivukiveä tulee louhinnan yhteydessä.

Sivukiveä joudutaan louhimaan enemmän kuin malmia. Sivukiven louhinnan määrään vaikuttaa kaivossuunnittelu: mitä syvemmältä malmia halutaan louhia, sen isommaksi tulee myös sivukiven louhintamäärä.

Louhoksen maksimisyvyyden määrää kannattavuus, eli tietyn rajan jälkeen on edullisempaa louhia malmia maanalaisesti. (Kaiva 2014.)

### 2.3 Kaivossanastoa

Etu	Räjäytyssuunnassa kahden peräkkäisen reiän välimatka
Kansi	Louhittavan alueen ylin kerros, panostamaton osuus reiästä. Kevitsassa yleensä 3,5–6,5 m
Kynsi	Lastaustasoon louhinnassa jäänyt korkeampi kohta
Malmi	Louhittava mineraali
Ohiporaus	Suunnitellun lastaustason läpi porattu reiän osuus, tasaisemman lastaustason saamiseksi. Kevitsassa 0–1,5 m
Panostus	Reiät panostetaan pohja- ja pintapanoksella ja täytetään räjähdysemulsiolla
Pengerlouhint	Poraus ja louhint suoritetaan kahden tasopinnan välistä. Ylhäältä alaspäin
Raakku	Sivukivi, jossa malmia alhainen pitoisuus
Rakolinja	Porataan tiheänä linjana lopullisiin seinämiin tasaisemman ja turvallisemman kallioseinämän saamiseksi
Reikäväli	Räjäytyssuunnassa kahden vierekkäisen reiän välimatka
Etutäyte	Poratun reiän täyttäminen sepelillä panostuksen jälkeen



Kuvio 3. Sanastoa (Kraft 2014)

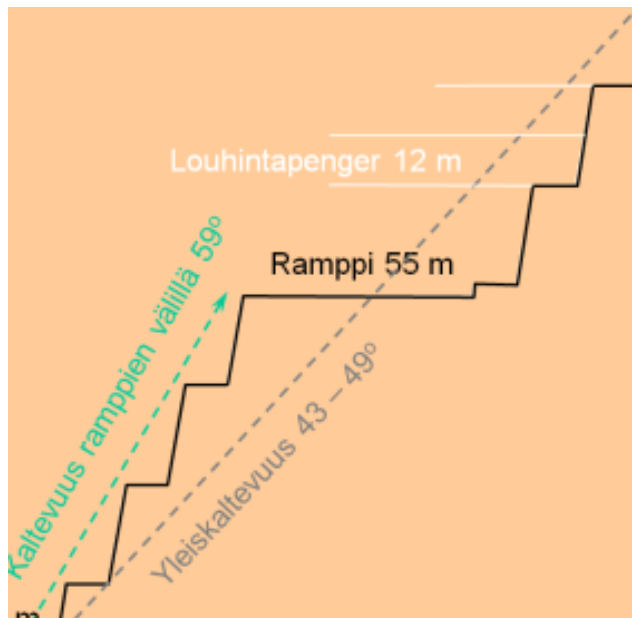
### 3 LOUHINTAMENETELMÄ

#### 3.1 Pengerlouhinta

Kevitsan avolouhoksella käytetään pengerlouhintaa. Pengerlouhintaan kuuluvat seuraavat työvaiheet: poraus, räjäytys, lastaus ja kuljetus. (Hakapää–Lappalainen 2013, 109.)

Pengerlouhinnalle on ominaista, että se etenee ylhäältä alaspäin, tasapaksuin kerroin (tasoittain). Tasot yhdistetään toisiinsa ajotein, joita pitkin malmi ja sivukivi kuljetetaan murskalle tai sivukivi läjitykseen. (Kuvio 4; Hakapää–Lappalainen 2013, 109.)

Kallion pinta paljastetaan ja suoritetaan tasonavaus. Kallioon louhitaan räjäyttämällä luiska, ja kun tämä luiska saavuttaa pohjatason, sitä laajennetaan ja varsinainen louhinta alkaa. Kun ensimmäistä tasoa on louhittu tarpeeksi laajasti, avataan uusi taso ja näin jatketaan haluttuun tasoon asti. (Hakapää–Lappalainen 2013, 109.)



Kuvio 4. Pengerlouhinta (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

### 3.2 Poraus

Poraukseen liittyy paljon parametreja ja käsitteitä. Sopivan parametrien yhdistelmän valinta alkaa reikäkoon valinnasta. Yleensä kannattaa aloittaa optimointi eli parhaan kokonaistuloksen määrittäminen niin suuresta reikäkoosta kuin mahdollista. Tämä antaa taloudellisimman tuloksen. (Hakapää–Lappalainen 2013, 110.)

Reikäkoosta päätettäessä on otettava huomioon paitsi tuotannon tehokkuus myös ympäristön ja valikoivan louhinnan asettamat reunaehdot. Tärkeimpiä vaikuttavia seikkoja ovat: tuotannon mittakaava, käytettävissä oleva porauskalusto, sallittu kappalekoko, louhinnan selektiivisyys sekä ympäristön asettamat värinä-, melu- ja pölyrajoitukset. (Hakapää–Lappalainen 2013, 110.)

Reikäkoon valinnan jälkeen valitaan pengerkorkeus. Kevitsan avolouhoksella pengerkorkeutena käytetään 12 metriä. Reikäkoosta ja pengerkorkeudesta päättämisen jälkeen vuorossa on porauskaluston vaihtoehtojen tarkastelu. Kevitsassa on käytössä uppoporakoneita.

Kallion porattavuuteen vaikuttavat kallion geologiset ja kalliomekaaniset ominaisuudet, poraus- ja porauskalusto sekä kaluston käyttötapa. Pääsääntöisesti karkearakeiset kivilajit ovat helpommin porattavia kuin pienirakeiset kivilajit. Kovat mineraalit kuluttavat poranterää enemmän kuin pehmeät. Sitkeät mineraalit ja kivien voimakas liuskeisuus vaikeuttavat myös poran tunkeutumisnopeutta. Kallion rakoilu aiheuttaa poikkeamia poraussuunnassa. (Hakapää–Lappalainen 2013, 138.)

#### 4 GEOLOGIA

Kaivosgeologisen tutkimuksen tehtävänä on kerätä ja esittää ne geologiset tiedot, jotka tarvitaan malmiesiintymän taloudellista hyväksikäyttöä varten. Louhinnan suunnittelu edellyttää laajoja ja tarkkoja tietoja tulevista louhinta-alueista. (Hakapää–Lappalainen 2013, 39.)

Kallion geologia vaikuttaa räjäytystulokseen ja lohkokokoon paljon enemmän kuin käytettävän räjähdysaineen laatu. Vaikuttavimmat tekijät ovat kallionpuristuslujuus, vetolujuus, tiheys, aaltoliikkeen etenemisnopeus, kallion kovuus ja rakenteelliset ominaisuudet. (Vuolio–Hälonen 2012, 110.)

Kaivoksen länsireunassa, juuri ajorampin alla kallio oli hyvin rikkonaista ja ruhjeista (Kuvio 5). Kun ruhjealueen alapuolelta räjäytettiin porakenttä (B1078XR028), kallio rikkoutui vielä enemmän ja suuri ”lusta” irtosi seinämästä (Kuvio 6).

Seinämää muokattiin turvallisemmaksi poraamalla ja räjäyttämällä koko ruhje-kohta irti kallioseinämästä.



Kuvio 5. Ruhjealue kaivoksen Stage 2:n länsireunassa (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017b)



Kuvio 6. Ruhjealue räjäytyksen jälkeen (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017b)



## 5 KALUSTO

### 5.1 Kevitsan porauskalusto

Kevitsassa käytetään tuotantoporaukseen seitsemän kappaletta Atlas Copcon valmistamia SmartROC D65 poravaunuja. D65-poravaunuissa käytetään Kevitsassa 165 mm:stä porakruunua (Kuvio 8) ja poraputken yhden kangen pituus on 6 metriä. Kahdessa uudemmassa poravaunussa porakangen pituus on 5 metriä. (Kuvio 7.)

Näiden lisäksi Kevitsassa on käytössä kaksi kappaletta Atlas Copcon valmistamia PitViper PV-271. PitVipereissa käytetään Kevitsan kaivoksella 225 mm:stä porakruunua ja sillä voidaan porata 16,8 metrin syvyyteen. Kaivoksella on myös urakoitsijan 4 kappaletta D65-poravaunua.



Kuvio 7. D65-poravaunu poraamassa (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

Uppoporavaunujen lisäksi Kevitsassa käytetään mm. radio-ohjattava Atlas Copcon valmistamaa ROC D9RRC -poravaunua. D9:n porakruunun halkaisija on 76–115 mm ja sitä käytetään lähinnä ahtaissa paikoissa ja isojen pultereiden eli rikokivien poraukseen.

Kevitsan avolouhoksella on myös käytössä yksi näytteenottovaunu.



Kuvio 8. D65:n 165 mm porakruunu (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

## 5.2 Orica Finland Oy:n panostus- ja räjäytyskalusto

Orica Finland Oy:llä on käytössään Kevitsan avolouhoksella 2 kappaletta emulsiopumppaussäiliöautoa ja yksi täkkäykseen tarkoitettu pyöräkone. Pumppaus-teho säiliöautoissa on 120–150 kg/min. Ainoastaan emulsioräjähdysaineisiin sekä täkkäykseen käytetään ajoneuvokalustoa, muutoin panostus tapahtuu käsi-työnä. (Kuvio 9.)



Kuvio 9. Orican emulsionpumppausauto (Orica Finland Oy)

### 5.3 Rusnauskalusto

Kevitsassa käytetään seinämien rusnaukseen pitkäpuomista kaivinkonetta. Rusnaus tapahtuu kaivinkoneeseen kiinnitetyllä iskuvaaralla tai kapealla kauhalla. (Kuvio 10.)

Seinäkynsien poraukseen käytetään Atlas Copcon valmistamaa ROC D9RRC-poravaunua tai saman valmistajan ROC D7 -poravaunua (Kuvio 11.)



Kuvio 10. Rusnaus pitkäpuomilla (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)



Kuvio 11. Seinäkynnen porausta D7:lla (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)



## 6 RAKOLINJA JA BUFFER -REIÄT

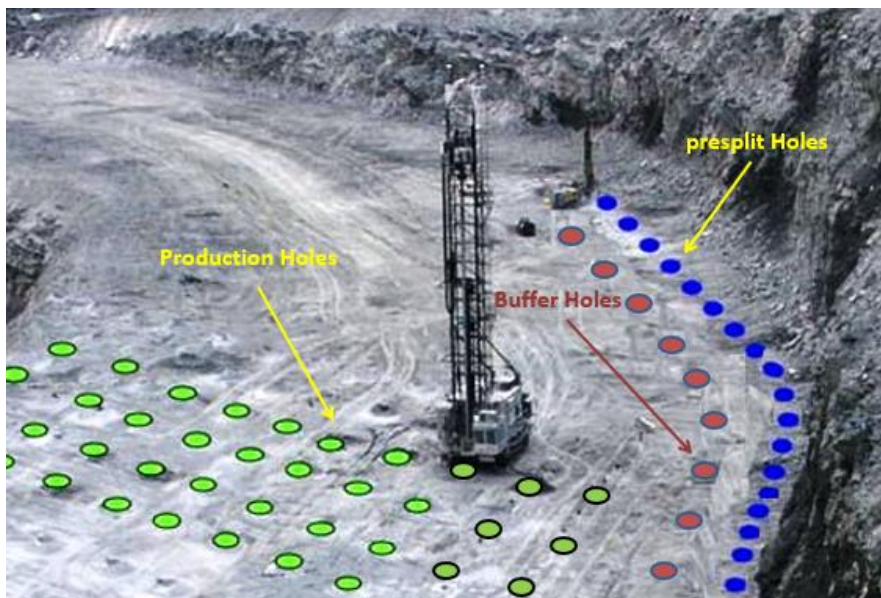
### 6.1 Rakolinja

Reikiä porataan tiheänä linjana lopullisiin seinämiin tasaisemman ja turvallisemman kallioseinämän saamiseksi (Kuvio 12).

Rakolinjan ideana on minimoida tai estää kokonaan tuotantoräjähdyksen aiheuttamat vauriot avolouhosseinämään. Rakolinjan reiät räjäytetään samanaikaisesti, jotta räjähdyspaine kulkisi reiästä reikään ja näin räjähdys tekisi suoranlinjan reikäjonon mukaisesti. Esirakolinja-nimeä käytetään, kun rakolinja on räjäytetty ennen varsinaisen kentän räjäytystä. (Presplitting 2011.)

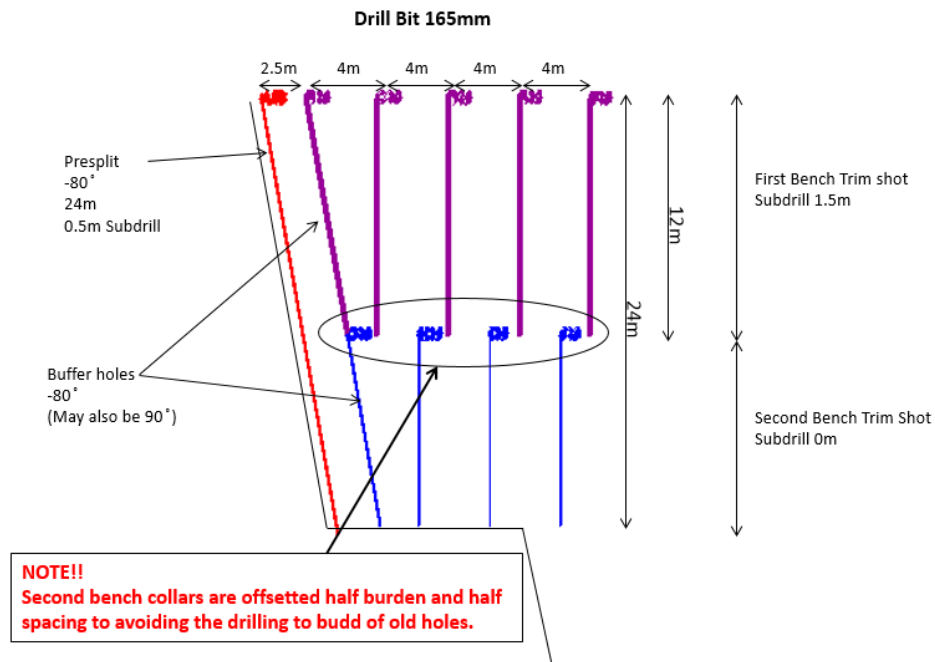
Tällä tavalla saadaan lopullisen kallioseinämän ja räjäytettävän porakentän väliin ns. tyhjä tila, joka vähentää räjähdyspaineen ja värinän vaikutusta lopulliseen kallioseinämään.

Kevitsassa käytetään 24 m syvyisiä rakolinja reikiä ja n.12–13 m tuotantoreikiä. Eli rakolinjaa ei tarvitse porata kuin joka toiselle tasolle.



Kuvio 12. Havainnekuva rakolinja-, buffer- ja tuotantorei'istä (Presplitting 2011)

### Basic principle of Presplit & Trim drilling



Kuvio 13. Rakolinja ja Trim-porausmalli (Boliden Kevitsa Mining Oy 2015)

Kevitsassa käytetään tällä hetkellä suoria rakolinja- ja buffer-reikiä eli ei kallistettuja, kuten kuviossa 13. Kallistettuja reikiä on käytetty, mutta paremman seinämän laadun saamiseksi kokeilussa ovat suorat reiät.

Yleisohjeena rakolinja reikien suunnittelussa reikäväli tulisi olla 8–12 kertaa reiän halkaisija. Reikäväli voidaan myös määrittää käyttämällä seuraavaa yhtälöä:

$$S \leq 2r_b \times 2,54 \times \frac{(P_b + T)}{T} \quad (1)$$

Missä:

$S$  on kahden rakolinja reiän reikäväli (cm)

$r_b$  on reiän säde (cm)

$P_b$  on reiän paine (Mpa)

$T$  on kallion vetolujuus (Mpa)

Kevitsan avolouhoksella rakolinja-reikien reikävälinä käytetään 1,8 m.

Reiän räjähdyspaine voidaan laskea seuraavasti:

$$P_b \text{ on } 1,69 \times 10^{-3} Y_e (VOD)^2 \left(\frac{r_e}{r_b}\right)^{2,6} \quad (2)$$

Missä:

$P_b$  on reiän räjähdyspaine (psi)

$Y_e$  on räjähteen ominaispaine

$VOD$  on räjähdyspanoksen räjähdysnopeus ( $\frac{ft}{s}$ )

$r_e$  on räjähteen säde (tuumina)

$r_b$  on reiän säde (tuumina). (Presplitting 2011.)

## 6.2 Buffer-reiät

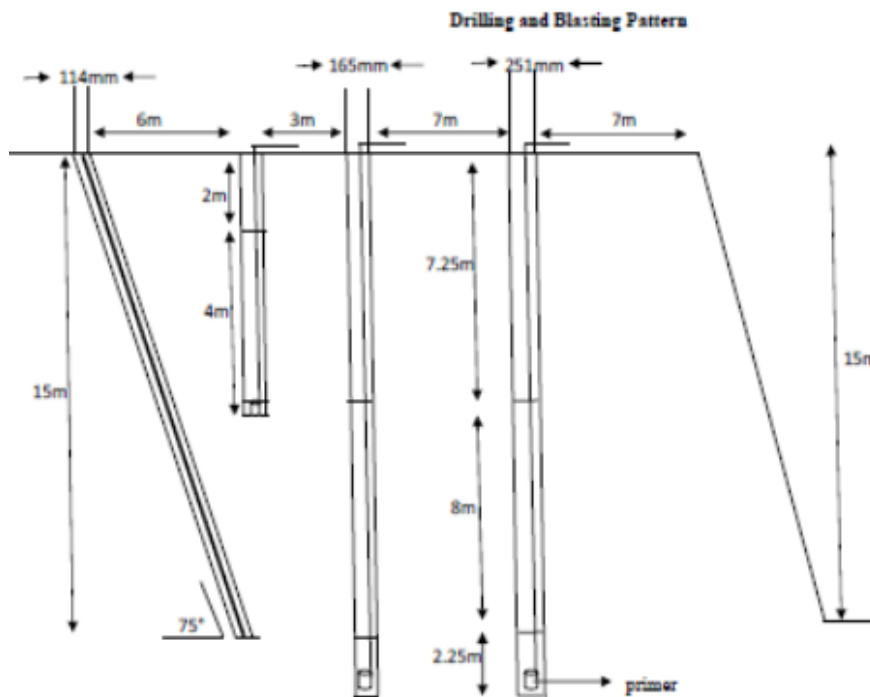
Buffer-reiät, eli puskuri-reiät sijoittuvat rakolinjareikien ja tuotantoreikien väliin. Buffer-reikien tarkoitus on suojata lopullista seinämää tärinältä, joka syntyy porakentän räjäytyksessä. Buffer-rivissä reikäväli on pienempi kuin tuotanto-rei'issä ja isompi kuin rakolinjan rei'issä. Buffer-reikien panostus on kevyempää kuin tuotantorei'issä. Reiät panostetaan emulsioräjähdysaineella.

Kevitsassa tuotantorei'issä panostamaton osuus on n. 3,5 m ja buffer-rei'issä 4,5–6 m. Kesän 2017 alussa buffer-reikien panostamaton osa oli 4,5 m ja kesän

edetessä buffer-reikien panostuksen osalta emulsioräjähdyksaineen tiheyttä muutettiin, joten panostamatonta kantta nostettiin 6 metriin.

Normaalisti buffer-rei'issä etu ja reikäväli ovat noin 2/3 tuotantoreikien edusta ja reikävälistä, mutta jos rakolinja ja buffer-reiät ovat samalla halkaisijalla niin, edun tulisi olla rakolinja-reikien ja buffer-reikien välissä 1,5 kertainen rakolinjan reikäväliin nähden. (Kuvio 14.)

Kun halkaisija on buffer-reikien ja tuotantoreikien välillä sama, niin buffer-rivin edun ja reikävälin tulisi olla 70–80 % tuotantorei'istä. (Presplitting 2011.)



Kuvio 14. Havainnekuva porarei'istä Chador Malun avolouhokselta (Presplitting 2011)



## 7 RÄJÄYTYSTYÖT

### 7.1 Ominaispanostus

Ominaispanostus tarkoittaa porausreikämetrillä olevaa ainemäärää (kg/m). Mitä suuremmaksi ominaispanostus saadaan eli mitä enemmän se lähestyy räjähdysaineen ominaispainoa, sitä voimakkaampi on räjähdysaineen teho porausreiässä. Suuri ominaispanostus on erittäin tärkeä pohjapanoksissa, jotta kallio irtaaisi pohjia myöten. Mitä suurempi ominaispanostus, sitä parempi on räjähdyspanoksen murskaava ja leikkaava vaikutus. (Vuolio–Halonen 2012, 64, 66.)

Orica Finland Oy tekee jokaiseen räjäytettävään kenttään myös räjähdysaineraportin, mistä käy ilmi esimerkiksi ominaispanostus ja räjähdysainemäärät. (Liite 9.)

### 7.2 Sytytysvälineet

Kevitsan avolouhoksella käytetään impulssiletkunalli -sytytystä, elektronisilla nalleilla toimivaa sytytystä sekä räjähtävää tulilankaa. Räjähtävää tulilankaa käytetään rakolinjan selkälankana. Impulssiletkunalleja (NONEL) ja elektronisia nalleja (EBS) käytetään porakenttien sytytykseen.

Sytytysvälineillä, erityisesti EBS-nalleilla voidaan vaikuttaa jonkin verran seinämän hallintaan niiden monipuolisen ajastuksen ansiosta.

Rakolinjan sytytys tapahtuu yleensä suoraan kentästä, eli joko impulssiletkunalli tai elektroninen nalli sytyttää räjähtävän tulilangan ja räjähdys etenee räjähtävää tulilankaa pitkin rakolinja-reikien räjähteisiin.

### 7.2.1 Rakolinjan sytytys pyroteknisillä hidasteilla

Pyroteknisillä hidasteilla (Kuvio 15) ongelmana rakolinjan sytyttämisessä on aina palokatkojen riskin kasvaminen, mikä rajoittaa ajastusta ja kentän räjäytyssuunnan valintaa. Vaihtoehdoksi jääkin siis joko:

1. Esiraon räjäyttäminen, joka taas tuo ongelmia kentän buffer-reikien porauksen kanssa (= tulee tukkoreikiä, väärin suunnattuja- tai asemoituja reikiä tai poraus vie huomattavasti enemmän aikaa kuin ehjään kallioon poratessa)
2. Rakolinjan räjäyttäminen kentän yhteydessä lyhyissä pätkissä niin, että kentästä otetaan sytytys rakolinjalle + rakolinjaa räjähtää esimerkiksi seuraavat 5 reikää, jonka jälkeen, kun kentän palo etenee, syttyy taas esimerkiksi seuraavat 5 reikää. Tämä on avolouhoksilla varsin yleinen tapa, mutta sisältää riskejä sytytyksessä (sytytys kannattaa aina tuplata) ja rakolinja räjähtää lyhyissä pätkissä, mikä taas huonontaa raon syntymistä eli lopullisen seinämän laatua.
3. Jos ongelmana on kivipatjan kiinnijääminen rakolinjaan (=seinäkynsien) ja isot rusnausmäärät, ei kapeita ja pitkiä kenttiä oikein voida kääntää räjähtämään seinämän suuntaisesti. Tällaisissa kentissä palo aika kasvaa niin paljon, että heittojen ja pintakerroksen liikkumisen aiheuttama palokatko-riski kasvaa liian isoksi. (Näsi 2017.)



Kuvio 15. Kytinkappale 0 ms, jolla voidaan sytyttää 5–20 impulssiletkaa (Orica Mining Services 2017)

### 7.2.2 EBS-nallien käyttö seinämien hallinnassa

EBS-nalleilla rakolinja voidaan räjäyttää pitkänä pätjänä juuri ennen varsinaisen kentän räjäytystä, esimerkiksi sekunti ennen kentän keulan lähtöä. Pitkässä rakolinjassa sytytys tehdään useammalla nallilla, (nallien välinen viive esimerkiksi 50 ms), jotta räjähtävän tulilangan palokatko ei aiheuta ongelmia.

Halutessa koko kentän räjähdys-suunta voidaan kääntää seinämän suuntaiseksi mutta aina tätä ei haluta tehdä, koska sujuvan lastauksen takia voi olla edullisempaa levittää kenttää hieman.

Hienostunein vaihtoehto on suunnata kentän heittosuunta esimerkiksi 45 asteen kulmaan louhosseinään nähden ja pitää buffer-rivin liikesuunta mahdollisimman paljon seinämän suuntaisena (buffer-rivin räjähdys-suunta voi olla kentän sisälläkin eri kuin varsinaisen kentän liikesuunta). Tämä on hyödyllistä silloin, kun halutaan kasa hieman leveämpään muotoon, mutta rakolinjalle mahdollisimman suuri puhdistusvaikutus (=parempi seinämäpinta).

Kaikissa kohteissa ei rakolinjaa voida sytyttää selkälangalla (r-tulilangalla), vaan jokainen reikä pitää sytyttää omalla nallilla. Tällöin EBS-nallien käyttö mahdollistaa reikien yhtäaikaista (tai hyvin pienellä porrastuksella tehdyn) sytytyksen. Seinämän laatu paranee huomattavasti verrattuna pyroteknisillä hidasteilla tehtyyn sytytykseen. (Näsi 2017.)

Kevitsan avolouhoksella käytetään myös EBS-nalleja, mutta niiden käyttöä avolouhos seinämän hallinnassa en tutkinut. (Kuvio 16) Mittaamieni kenttien nalli - tiedot liitteenä. (Liite 10.)



Kuvio 16. EBS-nalli ja liitin (Orica Mining Services 2017)

### 7.3 Käytettävät räjähdysaineet

#### 7.3.1 Pentex™-aloitepanokset

Pentex™ 250–1700 on tarkoitettu bulkkiräjähteiden turvalliseen ja tehokkaaseen sytytykseen. Pentex™-aloitepanokset on suunniteltu niin, että niitä voidaan käsitellä turvallisesti ja yksinkertaisesti ilman työkaluja. (Orica Mining Services 2017-)

Pentex™-aloitepanoksen keskellä kulkee reikä, joka suojaa runkojohtoja tai impulssiletkuja. Panoksessa on lisäksi syvennys, joka suojaa räjäytysnallia ja pitää sen turvallisesti paikallaan. Aloitepanos koostuu kestävästä muovisesta ulkokuoresta sekä valetusta TNT/RDX-rungosta, jossa räjäytysnallin syvennyksen ympärillä on nalliherkkä PETN-osa. (Orica Mining Services 2017.)

Pentex™-aloitepanoksen tärkeimpiä etuja: (Taulukko 1)

- hyvin suuri räjähdysnopeus
- hyvin suuri tiheys
- turvallinen ja yksinkertainen käsitellä
- mitään lisätyökaluja ei tarvita.

Taulukko 1. Pentex™ -aloitepanoksen tekniset ominaisuudet (Orica Mining Service 2017)

**Tekniset ominaisuudet**

Tuote	Pentex™			
	250	500	1000	1700
Patruunan nimellishalkaisija (mm)	42	52	52	66
Patruunan nimellispituus (mm)	163	187	361	361
Patruunan nimellismassa (g)	240	480	970	1670
Tiheys (g/cm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	1,5 ±0,1			
Reiän tyyppi	Märkä ja kuiva			
Räjähdysnopeus (m/s) <sup>(2)</sup>	yli 6 500			
Suhteellinen energiatehokkuus <sup>(3)</sup>				
Voimakkuus painoyksikön suhteen (%)	172			
Voimakkuus tilavuusyksikön suhteen (%)	322			
Kaasutillavuus (l/kg)	770			

Kevitsassa käytetään aloitepanoksina Pentex 500 ja Pentex 1000. Pentex 1000 sijoitetaan reiän pohjalle (pohjapanos) ja Pentex 500 n. 9–10 metrin syvyyteen (varsipanos). Pohjapanos ajastetaan räjähtämään 475 ms viiveellä ja varsipanos 500 ms viiveellä. (Kuvio 17.)



Kuvio 17. Pentex™ 250–1700 (Orica Mining Services 2017)

### 7.3.2 Fortis™ Advantage

Fortis™ Advantage -bulkkiräjähdysainejärjestelmä koostuu herkistetyistä, pumpattavista emulsioyhdisteistä. Järjestelmää voidaan käyttää märissä olosuhteissa. (Orica Mining Services 2017.)

Fortis™ Advantage on suunniteltu erityisesti kovien kivilajien avolouhintaa varten. Fortis™ Advantage -tuotteita voidaan käyttää myös räjäytysrei'issä, joissa todetaan olevan vettä. Ainetta ei voida käyttää kohteissa, joiden maaperässä on reaktiivisia sulfideja. Fortis™ Advantage -tuotteita voidaan käyttää enintään 30 metrin pituisissa räjäytysrei'issä. (Orica Mining Services 2017.)

Fortis™ Advantage -tuotteet on sytytettävä aloitepanoksilla ja esimerkiksi NONEL-nallilla. Räjähtävää tulilankaa ei suositella käytettäväksi tuotteen kanssa. (Orica Mining Services 2017.)

Kevitsan avolouhoksella käytetään Fortis™ Advantage 100:sta. Emulsioräjähdysaine pumpataan suoraan säiliöautosta porareikään letkun avulla. Räjähdysaineen herkistyminen tapahtuu vasta porarei'ässä. (Taulukko 2.)

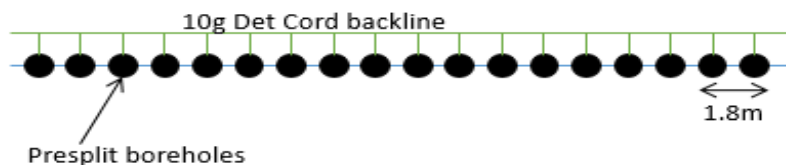
Taulukko 2. Fortis™ Advantagen tekniset ominaisuudet (Orica Mining Service 2017)

#### Tekniset ominaisuudet

Tuote	Fortis™ Advantage - järjestelmä					
	70	70S	80	80S	100	100S
Tiheys (g/cm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	1.20					
Räjätysreiän vähimmäishalkaisija (mm) <sup>(2)</sup>	76					
Räjätysreiän enimmäissyvyys (m)	30					
Panostusletkun enimmäispituus (m)	80					
Räjätysreiän enimmäiskulma (astetta)	30					
Reiän laji	Kuiva, märkä tai vedestä tyhjennetty					
Panostusjärjestelmä	Pumpattava					
Räjähdyksenopeus (m/s) <sup>(3)</sup>	3000 - 6000					
Suhteellinen energiatehokkuus <sup>(4)</sup>						
Voimakkuus painoyksikön suhteen (%)	106	104	102	101	95	93
Voimakkuus tilavuusyksikön suhteen (%)	159	156	153	152	143	140
CO <sub>2</sub> -tuotto (kg/t) <sup>(5)</sup>	154	167	159	170	199	213
Enimmäisaika panostuksesta räjäytykseen päivinä	60					

#### 7.4 Rakolinjan panostus

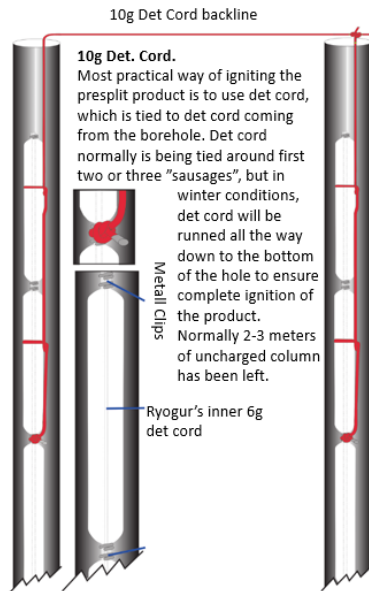
Rakolinja-reikien panostukseen käytetään Kevitsassa 45 mm Ryogur Presplit-merkkistä räjähdysainetta. Reikien räjähdysaineet yhdistetään toisiinsa räjähtävällä tulilangalla. (Kuvio 18.)



Kuvio 18. Rakolinjan kytkentä (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

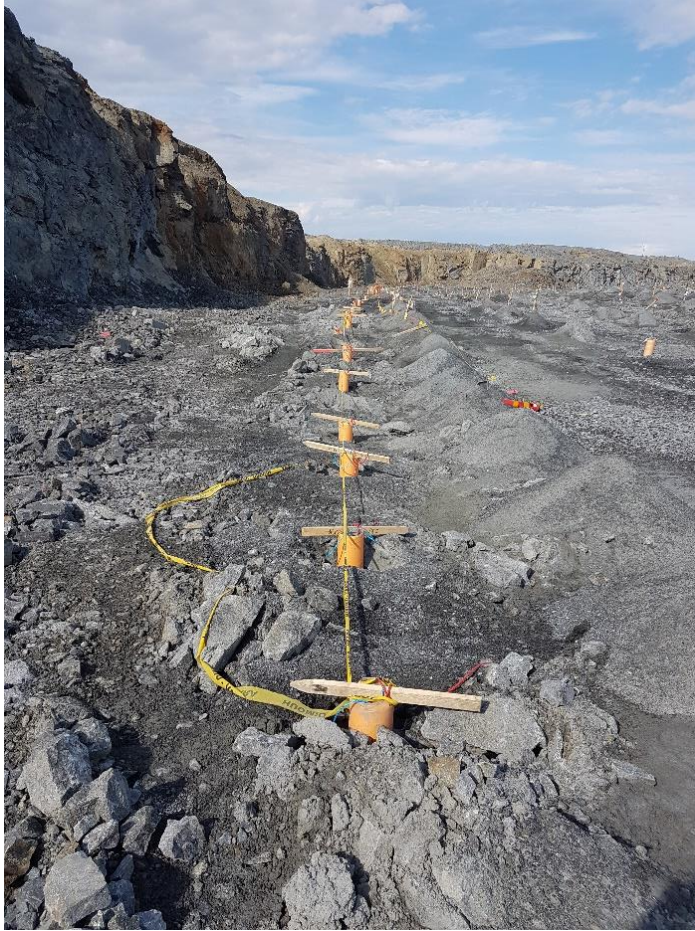
Räjähdyksaine on "makkaroina", yksi makkara painaa n. 800 g. Makkarat ovat liitettynä toisiinsa metalli klipseillä jo tehtaalta tullessaan (Kuvio 19). Reiän pohjalle laitetaan räjähdysainetta kaksin kerroin metrin matkalta, jotta juurikynsien määrä

minimoituisi. Panostamatonta osaa reiän yläpäästä katsottuna jätetään n. 2 metriä, jotta tulevan turvatasanteen kantti, eli crest ei vaurioituisi räjähdyksessä. (Kuvio 20 ja Taulukko 3.)



Kuvio 19. Ryogur Presplit liitanta R-tulilankaan (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)





Kuvio 20. Panostettu rakolinja (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

Taulukko 3. DuPont handbook:n suosituksia rakolinjan latauskuormituksille ja räjäytyskuvioita (Gustaffsson 1981)

Hole Diameter (mm)	Charge Mass / Meter of Blast hole(kg)	Cartridge Diameter(mm)	Presplit Space (m)
89	0.65	23	1.0
102	1.0	29	1.4
115	1.0	29	1.4
152	1.8	45	1.8

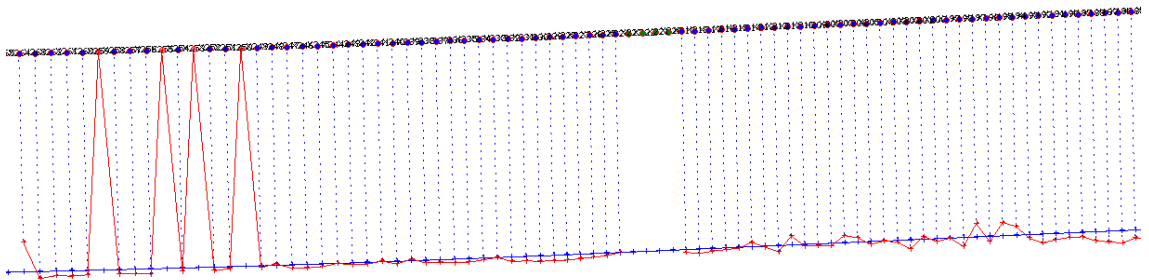


## 8 MITATTAVAT KENTÄT

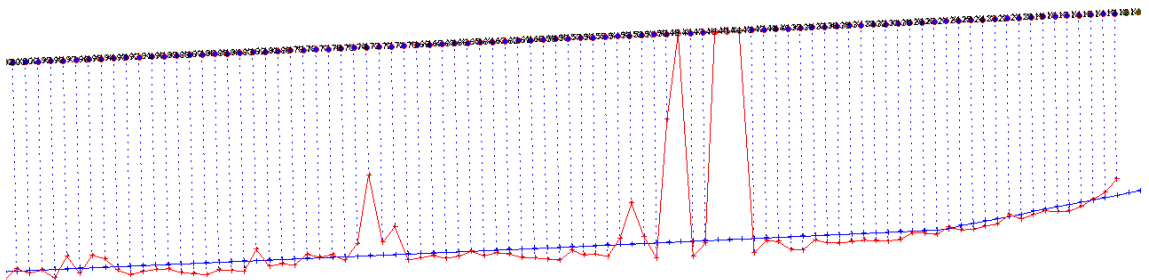
### 8.1 Stage 2

#### 8.1.1 Rakolinja

Mittasin rakolinjaa +78 tasolla yhteensä 160 reikää. Reiät olivat suunniteltu 24,5 metrin mittaisiksi. Kuvioissa 21 ja 22 sininen viiva kuvaa suunniteltua syvyyttä ja punainen viiva todellista syvyyttä.



Kuvio 21. Rakolinja kenttien X006–X005 takana (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)



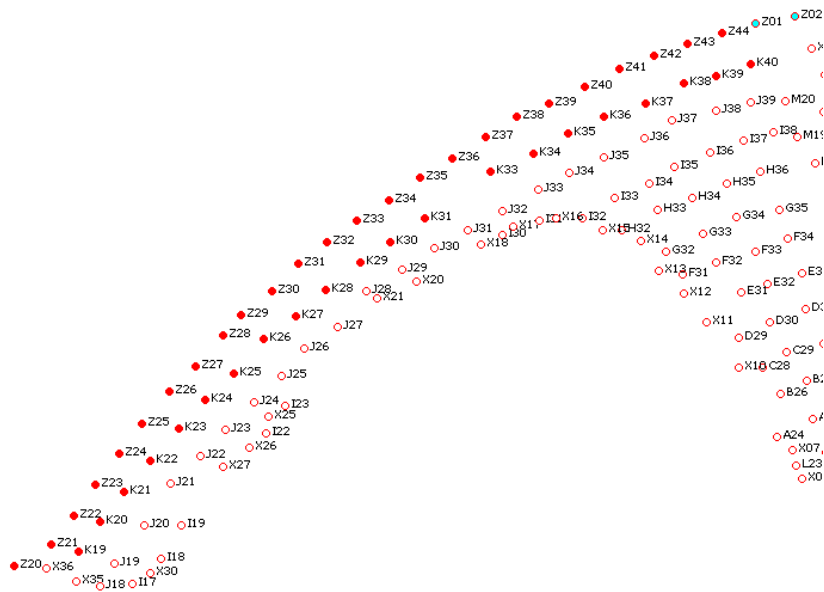
Kuvio 22. Rakolinja kenttien X004–X003 takana (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

#### 8.1.2 B1078X001 TRIM

B1078X001-porakenttä suunniteltiin rampiksi, eli kenttä räjäytettiin valmiiksi rampin muotoiseksi. Kenttä oli myös ensimmäinen porakenttä +78 tasolla. Kenttä sijaitsee avolouhoksen Stage 2:lla. (Kuvio 23.)

Kentän Trim-osa, eli buffer-reiät ja kaksi tuotantoreikäriviä jätettiin pois kentän räjäytyksestä. Kentän yläpuolella olevissa seinämissä oli jätää isoina lohcareina, joten poraaminen ei olisi ollut seinän laidassa turvallista. Myös rakolinja räjäytettiin ennen itse kenttää.

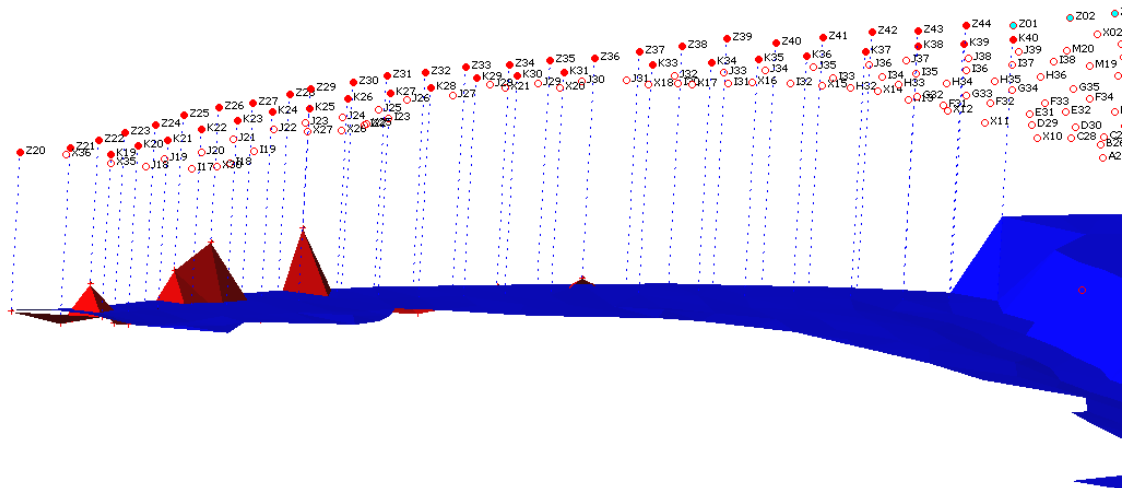
Keskityin mittauksissani juurikin Trim-osaan, eli buffer-reikien ja buffer-reikien vieressä oleviin tuotantoreikiin. Rakolinja-reikiä en ehtinyt mittaamaan, koska rakolinja räjäytettiin samana päivänä, kun aloitin työni Kevitsassa.



Kuvio 23. B1078X001 TRIM (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

Reikien syvyydet menivät rampin muodossa, eli alkupään reiät (Z20) oli lyhyempiä kuin loppupään reiät (Z44). Reikien syvyydet oli suunniteltu 11,4–18,5 m mittaisiksi. Mittauksieni mukaan reikien syvyydet pitivät hyvin paikkansa, pois lukien neljä sortunutta reikää buffer-rivissä. Mittasin kentästä yhteensä 45 porareikää.

Kuviossa 24 sininen väri kuvaa suunniteltua lastaustasoa, punainen väri kuvaa mittaamieni reikien syvyyden. Kuten kuviosta 24 ilmenee, että mittaamani reiät olivat suunnitellun syvyyksiä, pois lukien muutama sortunut reikä jotka näkyvät punaisena lastaustason yläpuolella. Näihin kohtiin on mahdollista muodostua kynsi eli lastaustasoon louhinnassa jäänyt korkeampi kohta. (Kuvio 24.)

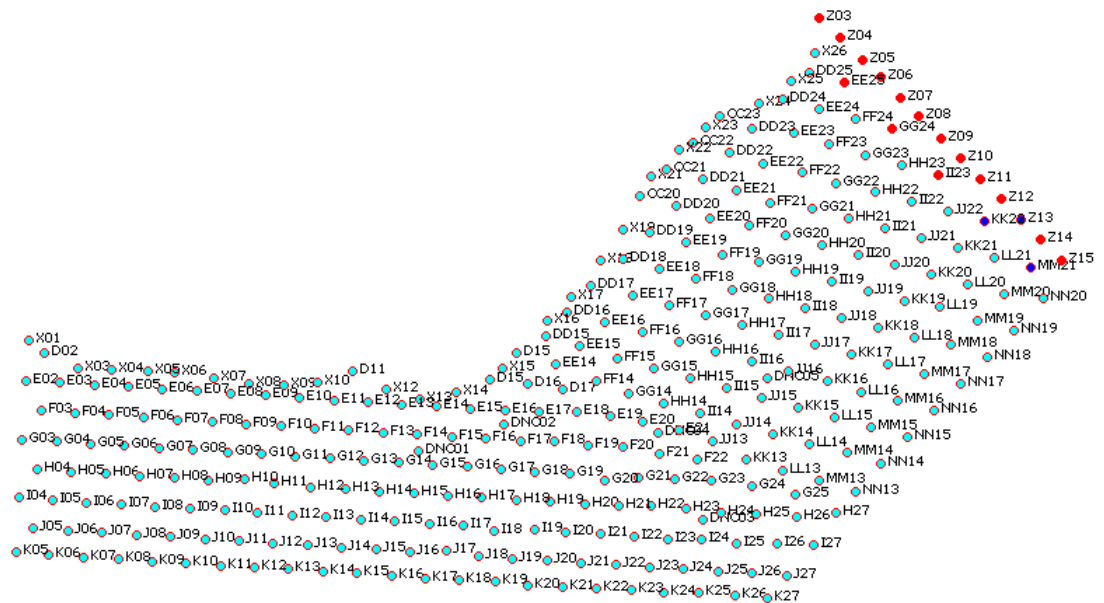


Kuvio 24. Kuvakaappaus B1078X001 TRIM-kentän 3D-mallista. (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

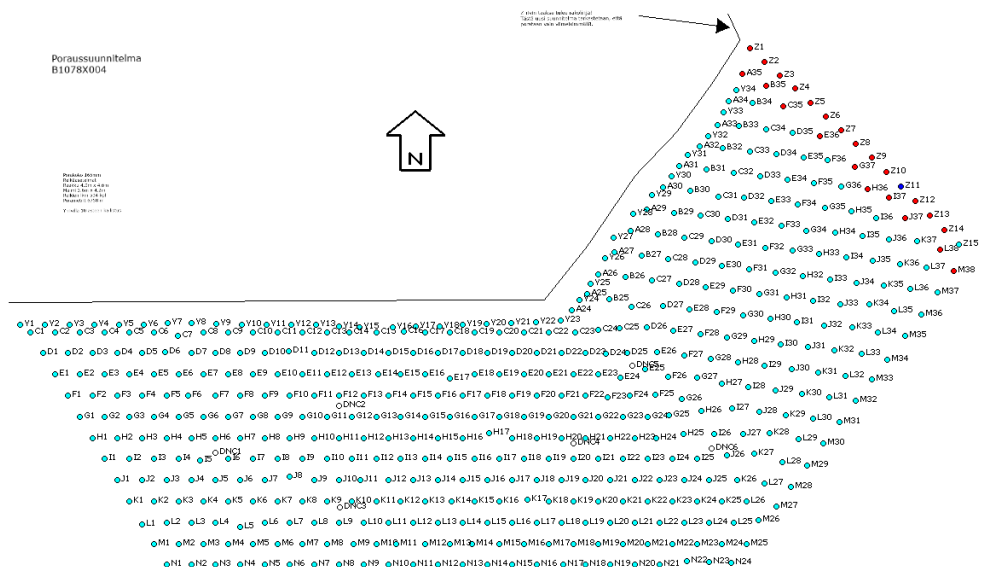
### 8.1.3 B1078X003 ja B1078X004

B1078X003- ja B1078X004-kentät eivät eroa toisistaan muuten kuin buffer-reikien panostamattoman kannen osalta ja kentän koon osalta. Myös emulsioräjähdyksineen tiheyttä buffer-reikien osalta muutettiin X004-kenttään. X003-kentästä buffer-reikien panostamaton kansi oli 4,5 m ja X004 kentän buffer-rei'issä 6 m. Molempien porakenttien osalta rakolinja räjäytettiin kentän yhteydessä. Kentät olivat vierekkäin. Kentissä oli yhteensä 41 mitattavaa porareikää. (Kuviot 25 ja 26.)

B1078X003-kentän kohdalla rakolinjassa ei ollut tukkoreikiä. B1078X004-kentän kohdalla rakolinjassa oli kolme tukkoreikää, jotka jouduttiin aukaisemaan kahteen kertaan. Tästä huolimatta reiät eivät pysyneet auki.



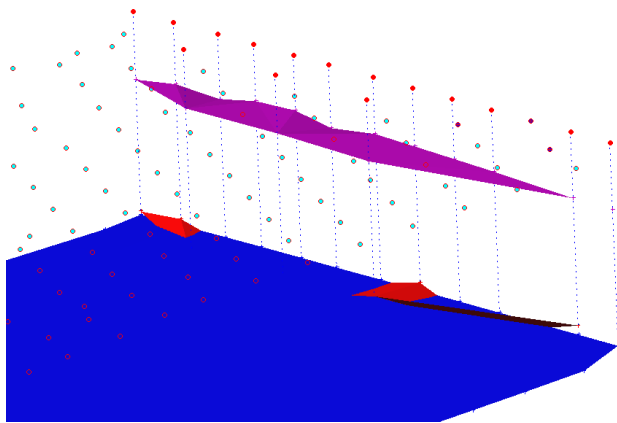
Kuvio 25. B1078X003-porakentän suunnitelma (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)



Kuvio 26. B1078X004-porakentän suunnitelma (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

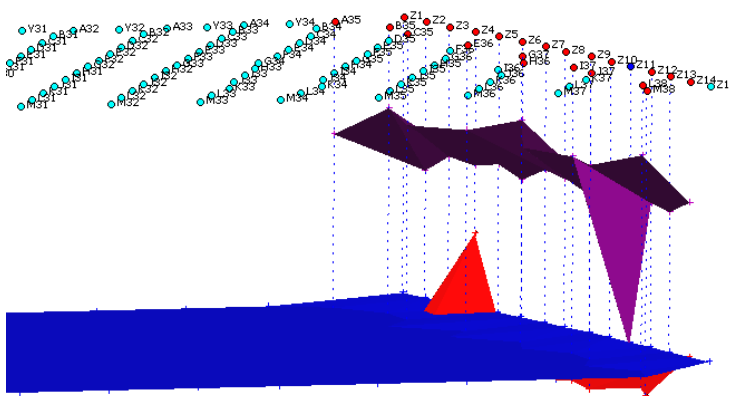
Kuvioissa 27 ja 28 violetti väri kuvaa panostuksen yläreunaa. Violetista tasosta ylöspäin on panostamaton osuus ja alaspäin panostettu osuus.

B1078X003-kentässä oli kaksi tukkoreikää, mutta muuten reiät olivat suunnitellun mukaisia.



Kuvio 27. Kuvakaappaus B1078X003:n 3D-mallista (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

Kentässä B1078X004 poratut reiät olivat hieman syvempiä kuin suunnitellut ja yksi reikä oli lyhyt, joka näkyy mallissa punaisen ”kolmion” kohdalla. Mittauksien jälkeen reikä Z11 oli sortunut, joten sitä ei voitu panostaa, kuten kuviosta 28 ilmenee.

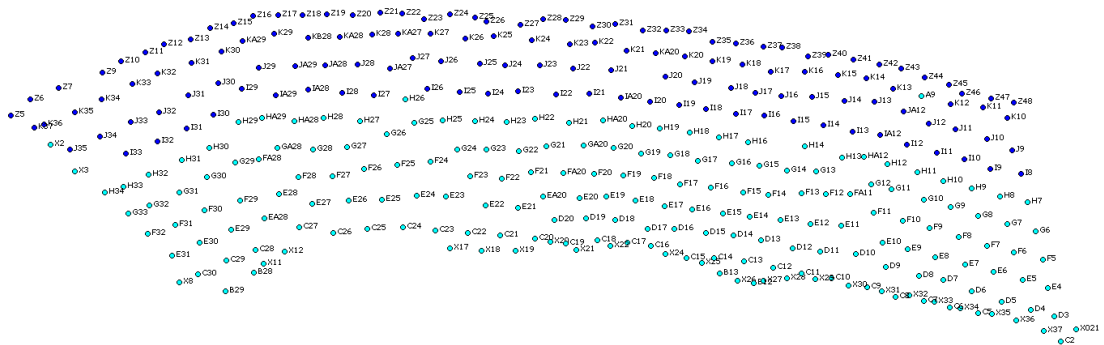


Kuvio 28. B1078X004 3D-malli (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

Kuvio 29. B1090X006-porakentän suunnitelma (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

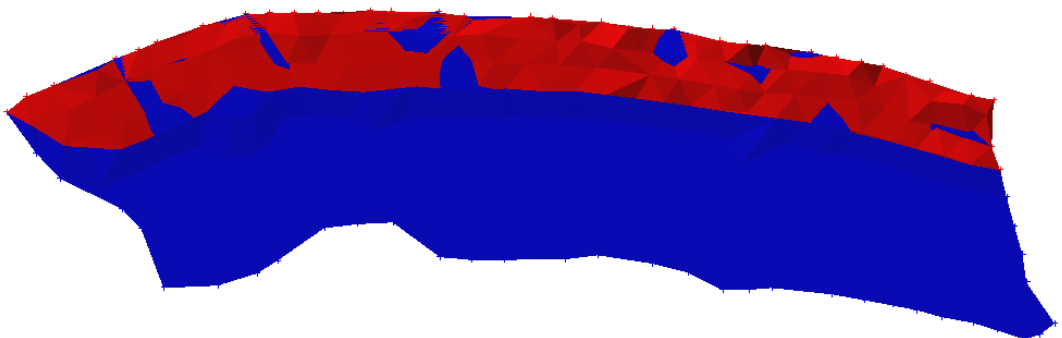
### 8.1.5 B1090X022

Tämä kenttä oli tasolla +90 eli rakolinja oli räjäytetty jo edellisen tason yhteydessä. Kentästä ei ole panostuksen osalta mittaustietoja. Mittasin kentästä yhteensä 137 porareikää. (Kuvio 30.)



Kuvio 30. B1090X022-porakentän suunnitelma (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

Mittaamani reiät sijaitsivat alemman tason (+78) turvatasanteen päällä, joten ohi-porausta ei käytetty ollenkaan näissä rei'issä. Kuviossa 31 näkyy hyvin, että kaikki mitaamani reiät olivat hieman lyhyempiä kuin suunnitellut. Reiät olivat noin 20–40 cm lyhyempiä, eli käytännössä tästä ei aiheutunut minkäänlaista ongelmaa lopputulokseen. Mittaustulokseen vaikutti myös poraus-”soijan” valuminen porareian pohjalle, joten reiät olivat mitatessa hieman lyhyempiä kuin todellisuudessa.

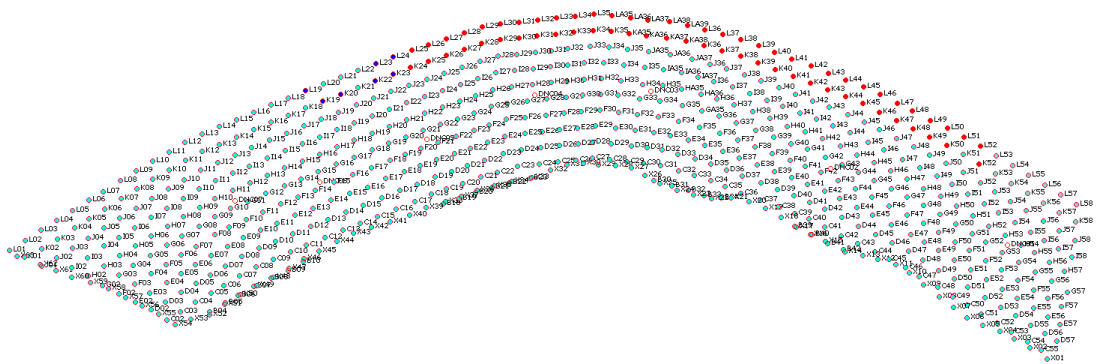


Kuvio 31. Kuvakaappaus B1090X022-kentän 3D-mallista (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

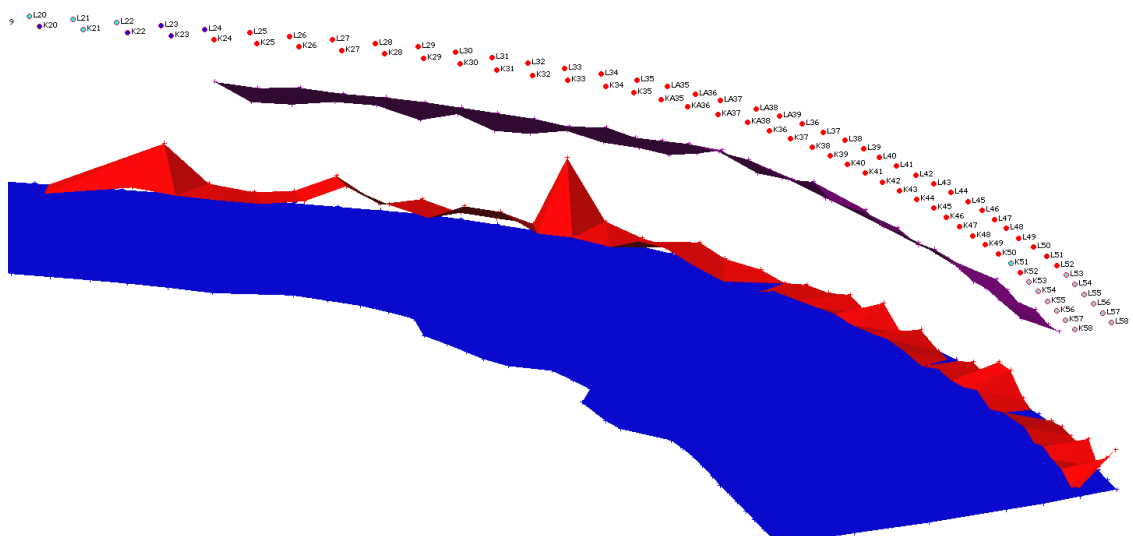
### 8.1.6 B1090M025 ja B1090R026

M025-kentästä mittasin 85 porareikää ja R026-kentästä yhteensä 327 porareikää. R026-kenttä oli myös saverplug-testikenttä, jonka vuoksi mittasimme kentän kaikki porareiät. (Kuvio 34.)

B1090M025-porakentässä oli keskimäärin 80 cm liian lyhyet reiät verrattuna suunnitelmaan. Kuten kuvioista 32 ilmenee, tässä kentässä ei myöskään ollut ohi-porausta, sillä lähes kaikki mitatut reiät pohjat olivat suunnitellun tason yläpuolella. Panostuksen osalta M025-kenttä oli hyvä. (Kuvio 33.)



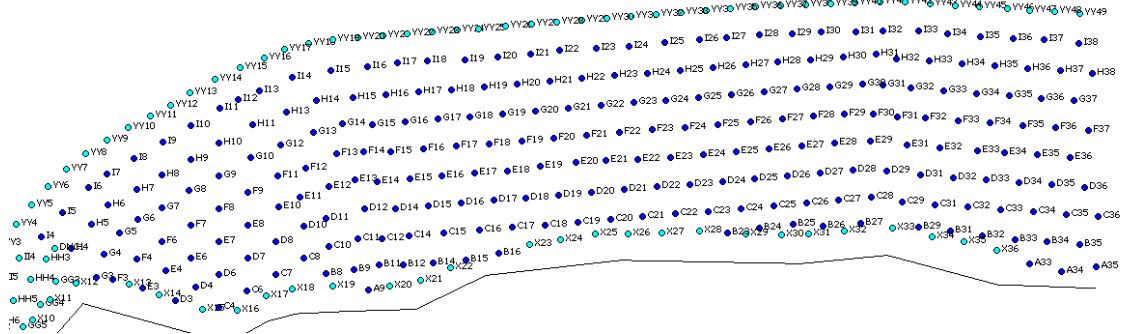
Kuvio 32. B1090M025-suunnitelma (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)



Kuvio 33. B1090M025-kentän 3D-malli (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)



B1090R026-porakentässä tukkoreikiä ilmeni paljon. Irtonaista materiaalia oli paljon kentän päällä, joten tämä oli yksi syy tukkoreikiin. Kenttä oli myös saverplug-testikenttä.

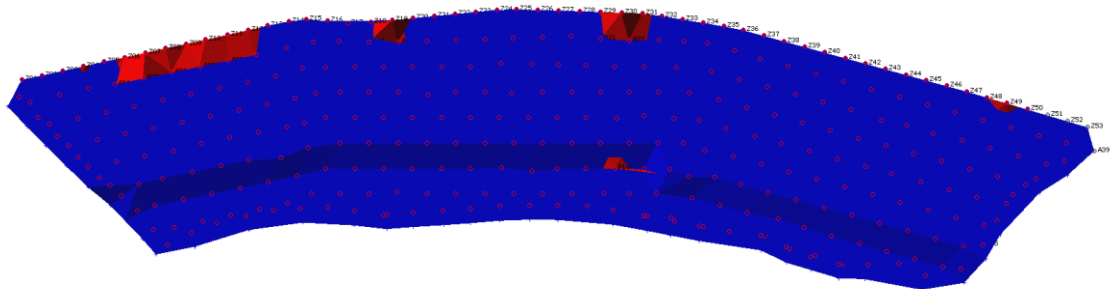


Kuvio 34. B1090R026-suunnitelma (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

### 8.1.7 B1090R028

Kenttä oli viimeinen porakenttä +90-tasolla. Porareiät olivat suunnitellun mukaisia muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Mittasin kentästä yhteensä 154 porareikää. Huomioitavaa kentässä oli myös alemman turvatason reunan kohdalla olevat porareiät, jotka oli porattu liian syviksi.

Kuviosta 35 näkee lyhyemmät reiät punaisella värillä ja kuviosta 36 liian syvät reiät keltaisella värillä.



Kuvio 35. Kuvakaappaus B1090R028-kentän 3D-mallista (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)



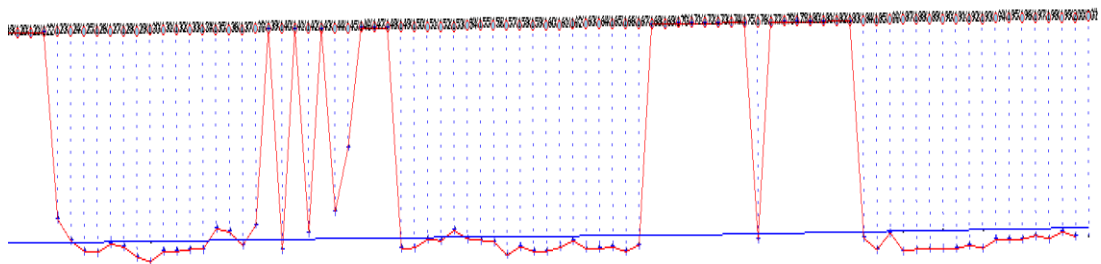
Kuvio 36. B1090R028-kentän liian syvät reiät (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

## 8.2 Stage 3

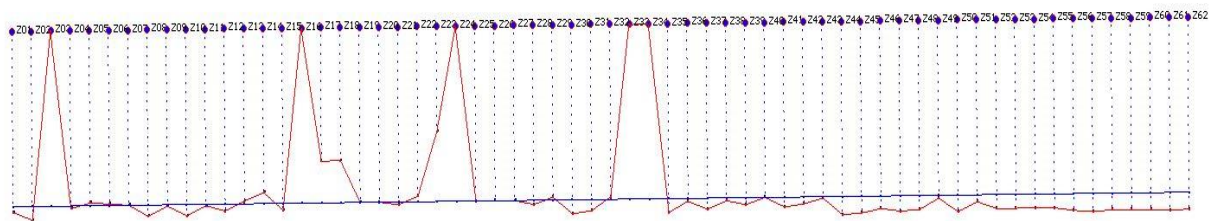
### 8.2.1 Rakolinja

Mittasin rakolinja reikiä Stage 3:n +198 ja +186 tasoilla. Stage 2:sta poiketen, rakolinja reiät olivat 12,5 m syviä. Stage 3 on vasta kohtuullisen alussa, joten kallio on vielä hyvin rikkonaista, kuten kuvioista 37–39 voi päätellä. Molemmilla tasoilla rakolinjassa oli paljon tukkoreikiä ja sortuneita reikiä.

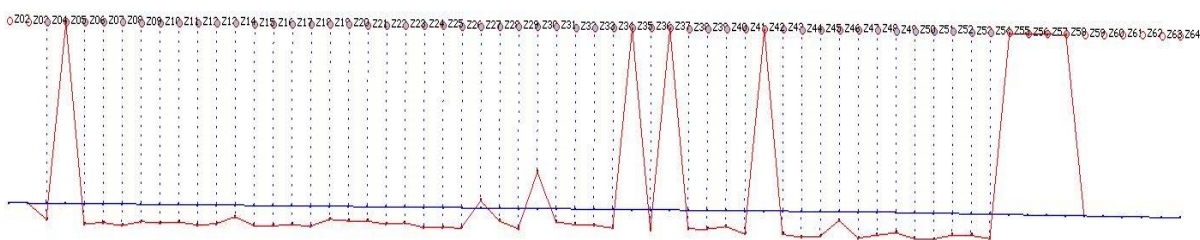
Mittauksien yhteydessä haastattelin porareita rakolinjan porattavuudesta. Pora-reiden mukaan irtonaista materiaalia ja vettä on liikaa, joten reiät sortuvat pora-kankia ylös otettaessa.



Kuvio 37. +198-tason rakolinja R013-kentän kohdalta (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)



Kuvio 38. +186-tason rakolinja R011-kentän kohdalta (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

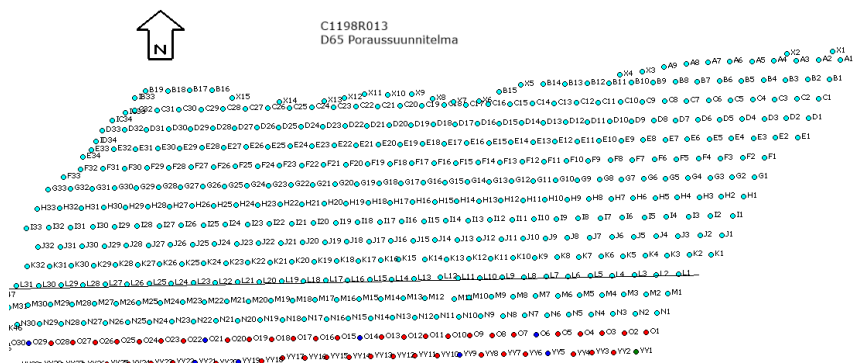


Kuvio 39. +186-tason rakolinja R012-kentän kohdalta (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

## 8.2.2 C1198R013 ja C1198R012

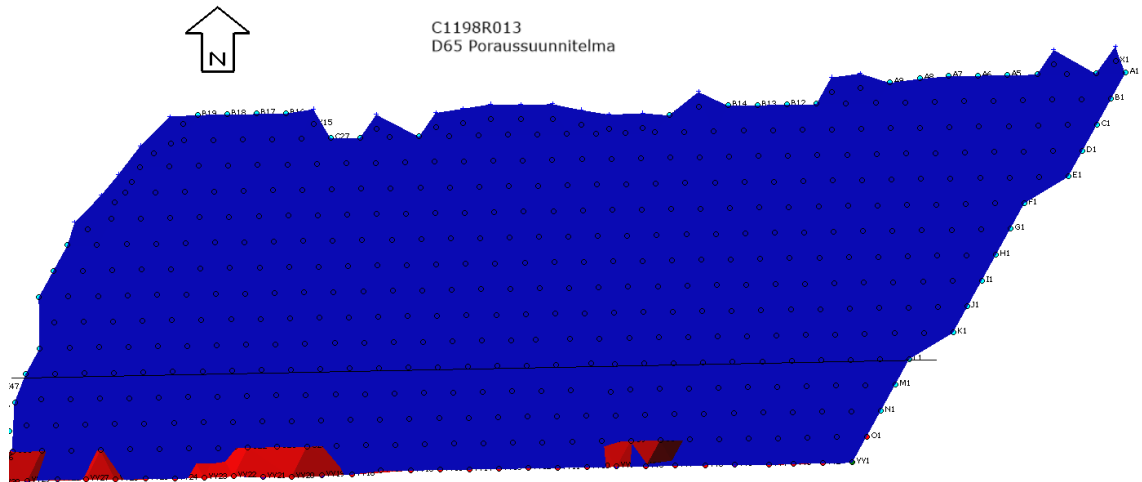
Kentässä oli yhteensä 112 mitattavaa porareikää. Molemmat porakentät sijaitsevat kaivoksen eteläpäädyssä Stage 3:lla. Tukkoreikiä ilmeni paljon erityisesti buffer-rivissä. (Kuvio 40.)

Porareita haastatteleamalla sain selville, että kenttäreikiä oli haasteellista porata johtuen veden määrästä.



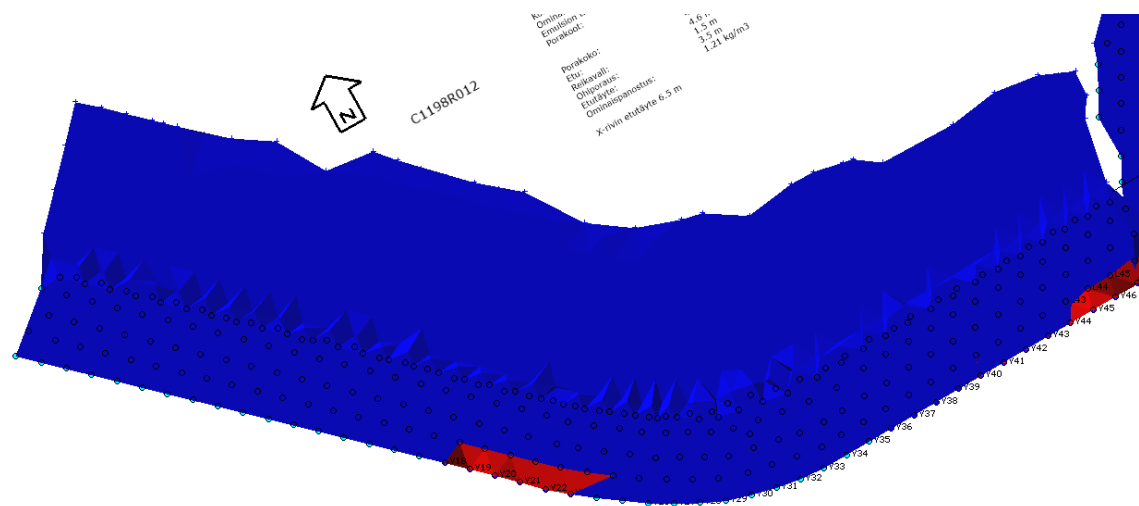
Kuvio 40. C1198R013-suunnitelma (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

Kuviossa 41 punaiset kohdat näyttävät sortuneita porareikiä sekä tukkoreikiä.



Kuvio 41. C1198R013 kentän 3D-malli (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

C1198R012-kentän mitattavat reiät olivat kauttaaltaan hieman syvempiä kuin suunnitellut. Kentän keskiosassa ja itäreunassa reiät olivat lyhyempiä. Panostustietoja tästä kentästä en mitannut. (Kuvio 42.)



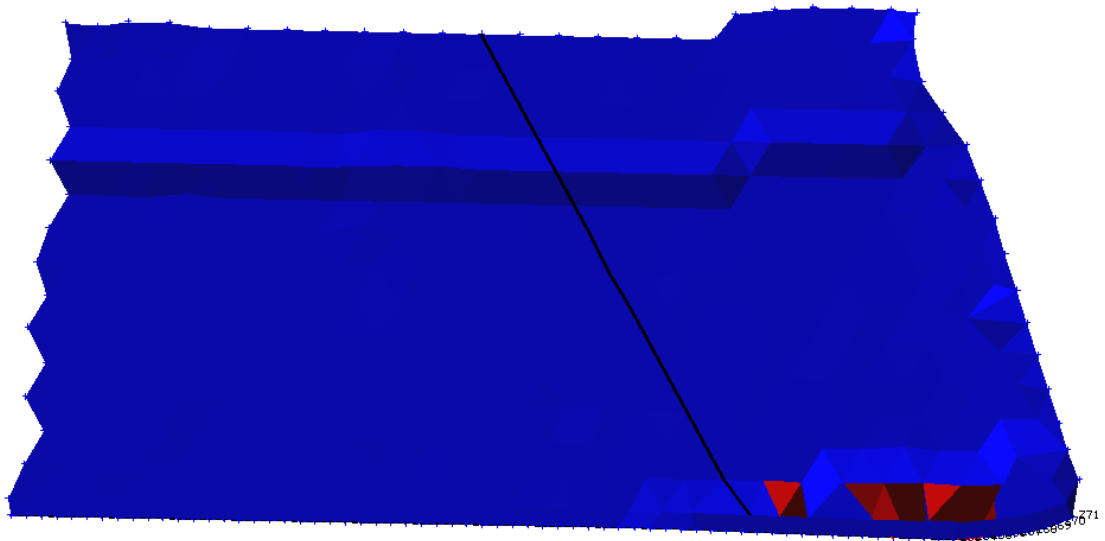
Kuvio 42. C1198R012 kentän 3D-malli (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

### 8.2.3 C1186R009

C1186R009 porakenttä suunniteltiin rampin muotoiseksi. Poraus oli erittäin haasteellista tässä kentässä johtuen veden määrästä ja näin porareivät eivät millään meinanneet pysyä auki. Tästä syystä suunnittelijat päättivät katkaista kentän ja räjäyttää osan kentästä, jotta poraus helpottuisi. Kuviossa 43 musta viiva kuvaa kentän katkaisukohtaa.

Tukkoreikiä ei kuitenkaan ilmennyt paljon buffer-rivissä. Sortuneet reiät olivat pääosin tuotantoreikiä.



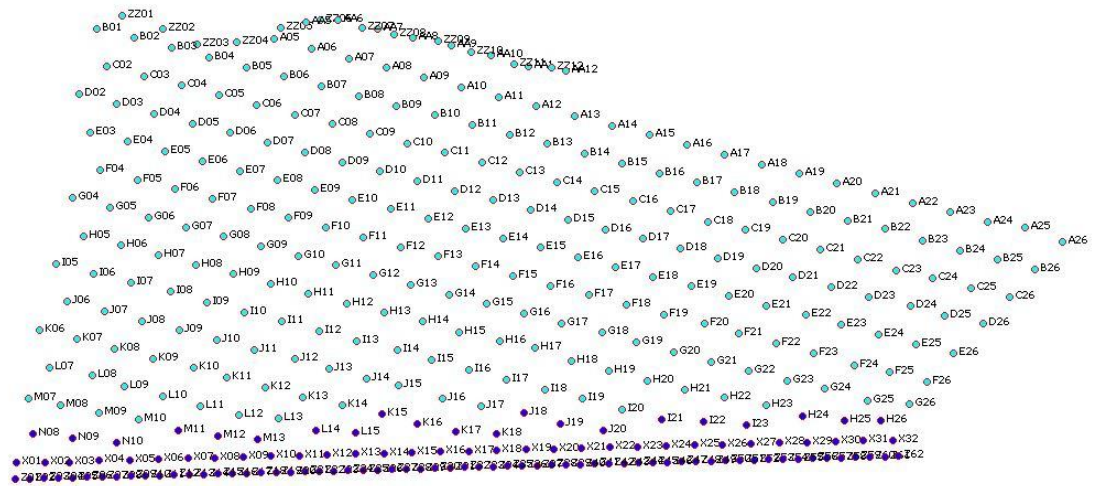


Kuvio 44. C1186R009-kentän 3D-malli (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

#### 8.2.4 C1186R011 ja C1186R012

C1186R011- ja C1186R012-kentissä porareivät olivat suunniteltua syvempiä. Alemman penkereen turvatasanteen kohdalla reiät olivat suunniteltu porattavaksi ilman ohiporausta, mutta reiät oli silti porattu ohiporauksella. (Kuviot 45 ja 47.)

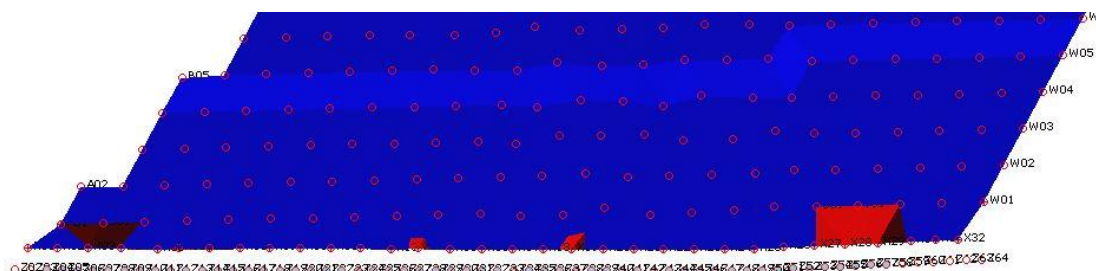
Kuviossa 46 ja 48 ilmenee, että lähes kaikki buffer-rivin reiät sekä ensimmäiset tuotantoreiät olivat kauttaaltaan syvempiä kuin suunniteltu. Kuvioissa näkyvät myös tukkoreiät, joita oli kentissä yhteensä kuusi kappaletta.







Kuvio 47. C1186R012-suunnitelma (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)



Kuvio 48. C1186R012-kentän 3D-malli (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)



## 9 SEINÄMÄN LAADUN ARVIOINTILOMAKE

Yhtenä Drill & Blast -kehitysprojektin tavoitteena on luoda avolouhosseinämän laadun arviointilomake. Lomakkeen tarkoituksena on kartoittaa seinämää siten, että jokaisesta räjäytyskentästä, joka on seinämän vieressä, saataisiin kerättyä tietoa.

Näitä tietoja ovat esimerkiksi: juurikynsien määrä, seinäkynsien määrä, halkeamat ja turvatasanteen kantin vauriot.

Nämä tiedot sijoitetaan lomakkeessa olevalle porakentän kartalle, jotta analysoijan on helppo katsoa mahdollisen vaurion tarkka kohta. Tietoja verrataan suunnitelmiin ja mitattuihin kenttiin, jotta saataisi selville vaurion syy ja korjaustoimenpide. Seinä arvioidaan ennen rusnausta sekä rusnauksen jälkeen, jotta saadaan myös rusnauksen merkitys ja rusnaustunnit selville.

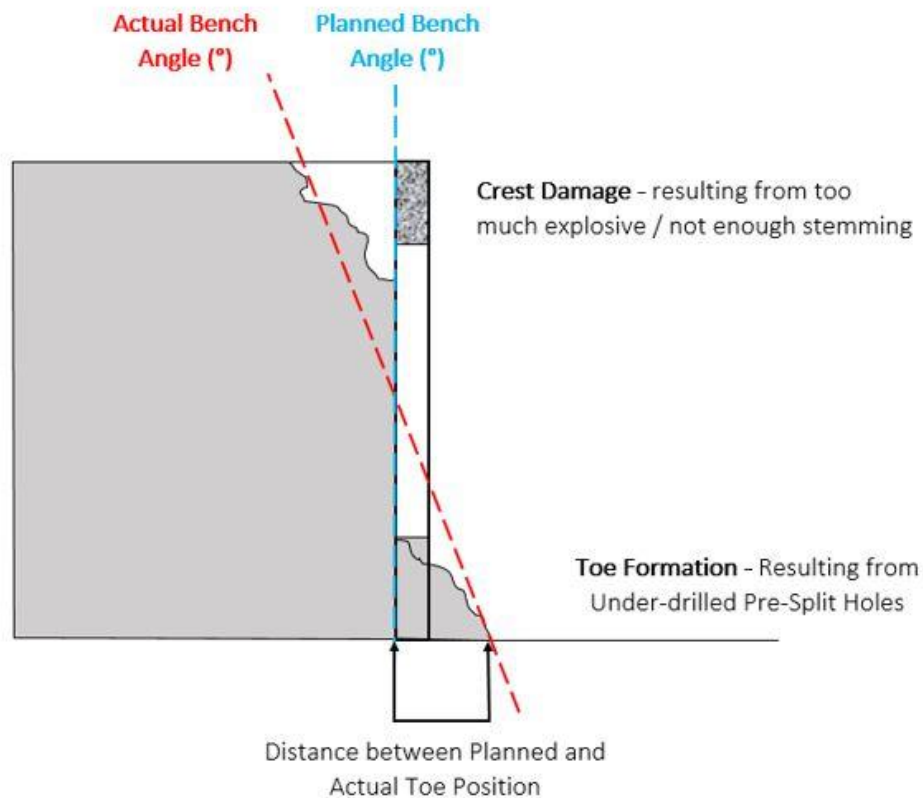
Lomake edesauttaa projektin tavoitetta erityisen paljon, koska lomakkeesta saatu tieto analysoituna auttaa kehittämään turvallisuutta ja seinäkynsien poraus- ja panostustyötä.

Lomakkeesta suunniteltiin mahdollisimman yksinkertainen ja selkeä, jotta kerätty tieto olisi helppo kerätä ja analysoida. Seinämän arvioinnin on tarkoitus suorittaa poraustyönjohtaja. Lomakkeet liitteinä (Liite 1–7).

## 10 TULOKSET

### 10.1 Kenttien mittaukset

Keräsin porauksen ja panostuksen laatutietoa yhteensä 15:sta eri porakentästä ja rakolinjoista Stage 2:lla sekä Stage 3:lla.



Kuvio 49. Poikkileikkaus avolouhosseinämästä (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

Kuviossa 49 näkyy tämänhetkisiä ongelmia avolouhos seinämissä Kevitsan avolouhoksella, eli turvatasanteen kantin vaurio ja juurikynnen muodostuminen.

Keräämistäni laatutiedoista rakolinjojen osalta voidaan päätellä porauksen olevan rakolinjoissa Stage 2:lla hyvällä tasolla. Tietysti mittauksissani näkyy myös sortuneita reikiä sekä tukko reikiä, mutta näihin porari ei voi paljoa vaikuttaa,

koska useasti liika vesi tai irtomateriaali aiheuttaa näitä. Stage 2:lla en voinut vertailla mittaamiani rakolinjoja laserskannaus tuloksiin, koska mahdolliset seinäkynnet paljastuvat vasta alemmalla tasolla mitä ei ole vielä louhittu.

Stage 3:lla puolestaan rakolinjat oli porattu kauttaaltaan liian syviksi ja tukkoreikiä esiintyi paljon. Kallio oli myös erittäin rapautunutta Stage 3:lla, joten tätä voidaan pitää yhtenä syynä tukkoreikiin. Myös vesiongelma oli paikoittain suurta Stage 3:n rakolinjoissa.

Buffer-rivien osalta poraamisen laatu vaihteli paljon riippuen kentän sijainnista. Yleisenä tasona kuitenkin buffer-rivin porausta voidaan pitää hyvänä.

Kenttäreiät, joiden pohjat osuvat lähelle alemman tason turvatasanteen reunaa, paljastuivat ongelmallisiksi etenkin avolouhoksen Stage 2:lla. Nämä reiät on suunniteltu porattavaksi ilman ohiporausta, mutta lähes kaikista mittaamistani kentistä nämä reiät oli porattu ohiporauksella, eli reiät olivat 1–1,5 m liian syviä suunnitelmaan nähden. Tämä on todennäköisin syy penkereen yläreunan lohkeamiseen. Kallion geologiset ominaisuudet vaikuttavat myös turvatasanteen kantin eheyteen. (Kuvio 50.)

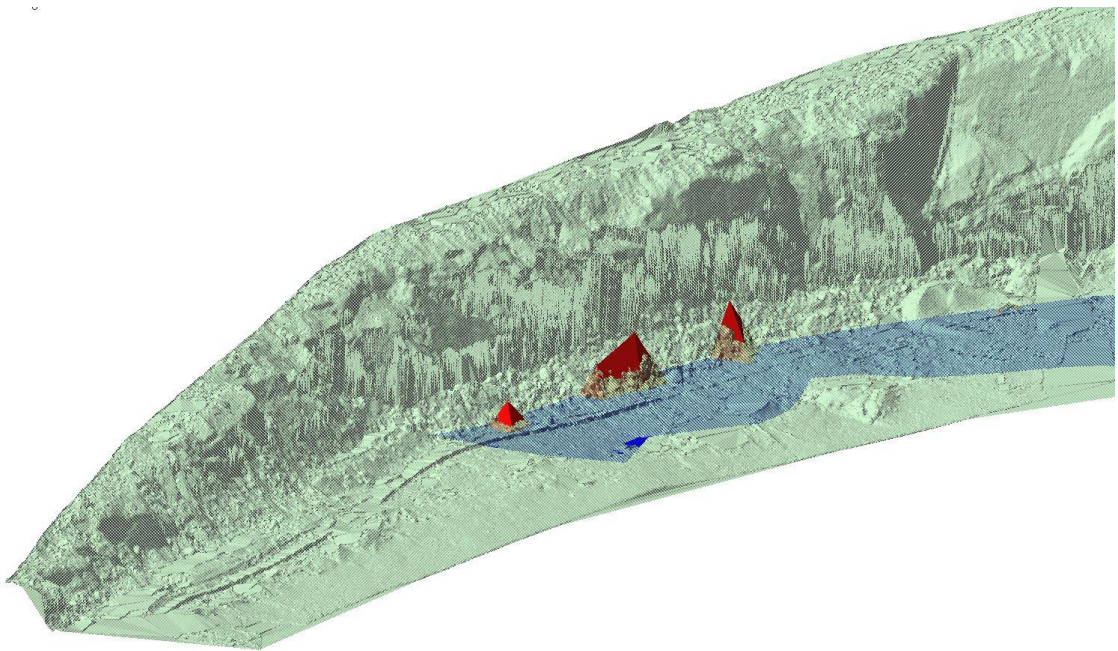


Kuvio 50. B1090X022-kentän yläpuolella rikkoutunut turvatasanteen kantti (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017b)

Kenttäreiät alemman tason turvatasanteen kohdalla, joiden pohjat menevät reilusti suunnitellun lastaustason alapuolelle, aiheuttavat paljon irtomateriaalia, joka taas vaikeuttaa seuraavan tason rakolinja- sekä buffer-reikien poraamista. Sillä irtomateriaali on yksi syy tukkeutuneisiin reikiin.

Rakolinjan panostus sekä buffer-reikien panostus oli mittauksieni mukaan hyvällä tasolla. Tiivis yhteenveto kenttien muutoksista sekä reikien syvyydestä on liitteessä 8.

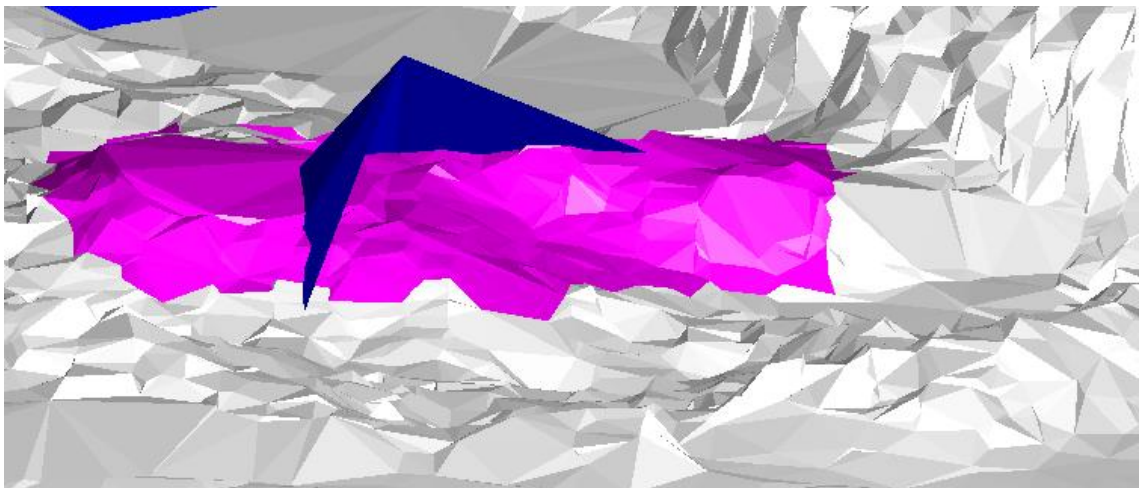
Vertasin myös tekemiäni malleja kentistä laserskannaukseen. Laserskannaus suoritettiin suurimmaksi osaksi ennen kuin avolouhoksen seinämiä kentän kohdalta oltiin rusnattu. Vertailu onnistui hyvin käyttämällä Orica Finland Oy:n ShotPlus-ohjelmaa tai SURPAC-ohjelmaa. Molemmissa ohjelmissa laserskannaus ja tekemäni 3D-malli voitiin laittaa ”päällekkäin”, joten vertailu oli helppoa. (Kuvio 51.)



Kuvio 51. B1078X001 TRIM -kentän vertailu laserskannaukseen (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

Vertailusta voitiin todeta, että yksittäinen tukkoreikä tai lyhyt reikä ei aiheuta kynsiä lastaustasoon tai seinämien laidalle. Sen sijaan vierekkäiset tukkoreiät tai vierekkäiset lyhyet reiät aiheuttavat kynnen syntymisen lastaustasoon ja seinämien laiduille.

B1090R026-kentän kohdalle kaivettiin kentän räjäytyksen jälkeen kuoppia liittyen saverplug-testiin, joiden tarkoitus oli poistaa irtomateriaali lastaustason päältä. Kuoppien ansiosta pääsimme myös näkemään kallion pinnan ja myös vertailemaan kallion pintaa mittaamiini tuloksiin. Kuviosta 52 näkee, kuinka kahden vierekkäisen lyhyen reiän kohdalle on jäänyt kynsi.



Kuvio 52. R026-kentän lastaustasoon jäänyt kynsi (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

## 10.2 Seinämän laadun arviointi

Seinämän arviointi suoritettiin 7 eri seinämästä. Ainoastaan kaksi lomaketta ehdittiin saada valmiiksi kesän aikana. Loput 5 lomaketta on täytetty puoliksi ja seinämät odottavat rusnausta, jonka jälkeen poratyönjohtajat pääsevät arvioimaan seinämän ja täyttämään lomakkeen loppuun asti.

Arviointeja suoritettiin kentistä: B1078X003, B1078X004, B1078X005, B1078X006, B1090M025, B1090R026 ja B1090R027. Kaikki arvioitavat seinämät olivat louhoksen Stage 2:lla. Seinämä B1078X003- ja B1090M025-kenttien



kohdalta arviointi ehdittiin suorittaa ennen ja jälkeen rusnauksen. (Taulukot 4 ja 5.)

Liite 1 lomakkeessa on virhe ylilouhinnan kohdalla. Oikea % -luku on 80 % ja 85 %

Taulukko 4. +90-tasolla seinämistä saatua tietoa

Kenttä	Rakol. Näkyvillä	Ylilouhinta	Alilouhinta	Kantin eheys	Rusnaustunnit
B1090M025	65% / 80%	10% / 10%	35% / 20%	70% / 70%	x
B1090R026	50 %	5 %	45 %	60 %	x
B1090R027	70 %	0 %	30 %	80 %	x

Taulukko 5. +78-tasolla seinämistä saatua tietoa

Kenttä	Rakol. Näkyvillä	Ylilouhinta	Alilouhinta	Kantin eheys	Rusnaustunnit
B1078X003	15% / 15%	80% / 85%	5% / 0-5%	75% / 75%	x
B1078X004	80 %	20 %	0 %	75 %	x
B1078X005	5 %	0 %	95 %	x	x
B1078X006	5 %	45 %	45 %	5 %	x

Arviointilomakkeista saatua tietoa analysoitiin ja vertailtiin mittaamieni kenttien malleihin. Kentän B1078X003 arvioinnin jälkeen poraus- ja panostussuunnittelijat analysoivat tietoa tarkasti suuren ylilouhinta % vuoksi. Rakolinjan mittaustietojen mukaan X003-kentän kohdalla rakolinjassa ei ollut tukko reikiä, joten arvio oli buffer-rivin räjähdysen vaurioittaneen seinämää.



Kuvio 53. B1078X003-kentän kohdalla oleva seinämä (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

Poraus- ja panostussuunnittelijat tekivät muutoksen buffer-rivin etäisyyteen rakolinjarivistä analysoinnin jälkeen. X003-kentässä buffer- ja rakolinjarivien välinen etäisyys oli 1,8 metriä ja etäisyyttä kasvatettiin 2,5 metriin. Muutos otettiin käyttöön X005-kentästä alkaen.

B1078X005 ja B1078X006 seinämissä alilouhinta % nousi hyvin korkealle (95 % ja 45 %). Tämä tieto vahvistaisi buffer-rivin aiheuttaneen X003-kentän seinämän vaurioitumisen.

Korkea alilouhinta % johtui todennäköisesti seinämään kiinni jääneistä irtonaisista ”kivipatjoista”, jotka lähtevät rusnauksen yhteydessä helposti irti. En kuitenkaan saanut arviointeja rusnauksen jälkeen kentistä X005 ja X006, joten en voi tukea teoriaa arviointilomakkeisiin.



Kuvio 54. ”Kivipatja” B1090X022-kentän seinämässä kentän räjäytyksen jälkeen (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)

Kuviossa 55 on avolouhosseinämää, jossa rakolinjan reiän puolikkaat näkyvät hyvin. Seinämä on onnistunut hyvin, jos turvatasanteen kantti on ehjä ja seinäkynsiä ei ole.



Kuvio 55. Avolouhosseinämää Stage 2:lla (Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a)



## 11 POHDINTA

Opinnäytetyölläni sain kerättyä tarvittavaa laatutietoa poraus- ja panostustyön kehittämiseksi. Poraustyön osalta keräämistäni tiedoista voitiin päätellä, ettei kaikkia porakenttiä porattu niin kuin ne oli suunniteltu, esimerkkinä porakenttä B1090X028, jossa alemman tason turvatasanteen reunan kohdalla olevat reiät olivat kauttaaltaan liian syviä. Kuitenkin suurimmaksi osaksi porakentät olivat suunnitellun mukaisia.

Ongelmia saatiin kyllä selville, mutta työni oli kuitenkin lyhytaikaista Kevitsan kaivoksella (4 kk) ja omasta mielestäni laatuun vaikuttavia tekijöitä tulisi mitata pitemmän aikaa tai yhtäjaksoisesti. Pitempiaikaisella tarkkailulla saataisiin laatutietoa pitemmältä ajalta, jotta näkisi myös mahdolliset muutokset ja kehitykset työssä. Rakolinja- ja buffer-reiät olisivat näitä reikiä, mihin tulisi kiinnittää huomiota pitemmällä aikavälillä. Nämä reiät vaikuttavat eniten avolouhosseinämän laatuun. Panostuksen osalta laaduntarkkailun pitää keskittyä räjähdysaineen määrään, ominaispanostukseen sekä rakolinja reikien panostukseen. Tällä varmistettaisi se, että panostuskin olisi yhdenmukaista.

Avolouhosseinämien arvioinnissa tulisi arvioinnin olla pitempiaikaista, jotta kaikki mahdolliset muutokset ja kokeilut seinämäräjäytyksessä päästäisiin arvioimaan ja ennen kaikkea dokumentoimaan. Työssä kehittämäni seinämäräjäytyksen arviointilomake keräsi ja dokumentoi mielestäni tarpeellisia asioita seinämistä, joihin voitiin tarpeen mukaan vaikuttaa hyvissä ajoin.

EBS-nallien käyttöä seinämänhallinnassa en tässä opinnäytetyössä tutkinut, mutta siinä voisi olla mahdollinen tutkimuskohde, jos EBS-nalleja halutaan käyttää kyseiseen tarkoitukseen.

## LÄHTEET

Atlas Copco 2012. Blasthole Drilling. Viitattu 6.7.2017

[http://www.atlascopco.com/Images/Blasthole%20Drilling%20Third%20Edition\\_LR\\_tcm795-3516064.pdf](http://www.atlascopco.com/Images/Blasthole%20Drilling%20Third%20Edition_LR_tcm795-3516064.pdf).

Boliden Kevitsa Mining Oy 2017a. Avolouhos. Kaivoksen oma materiaali.

–2017b. Geologia. Kaivoksen oma materiaali.

Gustafsson, D.M. 1981. DuPoint Hand Book.

Hakapää, A. – Lappalainen, A. 2013. Kaivos- ja louhintatekniikka. Helsinki: Opetushallitus.

Kaiva 2014. Kaivos- ja louhintatekniikka. Viitattu 11.8.2017

Kaivannaisteollisuus.

[https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Kaivos-ja-louhintatekniikka-kaiva\\_fi.pdf](https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Kaivos-ja-louhintatekniikka-kaiva_fi.pdf).

Kraft, E. 2014. Louhittavan malmin siirtymä räjäytyksessä avolouhoksessa. Lapin AMK. Maanmittaustekniikka. Opinnäytetyö.

Mining and Blasting 2011. Presplitting. Viitattu 12.6.2017

<https://miningandblasting.wordpress.com/tag/presplitting/>.

Näsi, J 2017. EBS -nallien käyttö seinämäräjäytyksissä. Sähköposti mikko.kaarikoski@boliden.com 18.8.2017. Tulostettu 21.8.2017.

Orica Mining Services 2007. Maintaining Final Wall Integrity by Reducing Backbreak. Viitattu 12.6.2017

[https://www.oricaminingservices.com/uploads/Fragmentation/quarries/100001\\_Case%20Study\\_Maintaining%20Final%20Wall%20Integrity%20by%20Reducing%20backbreak\\_Winstone%20Aggregates\\_Hunua%20Quarry.pdf](https://www.oricaminingservices.com/uploads/Fragmentation/quarries/100001_Case%20Study_Maintaining%20Final%20Wall%20Integrity%20by%20Reducing%20backbreak_Winstone%20Aggregates_Hunua%20Quarry.pdf).

Orica Mining Services 2011a. Wall Control Improvement. Viitattu 1.6.2017

[https://www.oricaminingservices.com/uploads/Fragmentation/open%20cut%20metals/200063\\_Case%20Study\\_Wall%20Control%20Improvement%20EI%20Romer%20Mine%20Chile\\_English.pdf](https://www.oricaminingservices.com/uploads/Fragmentation/open%20cut%20metals/200063_Case%20Study_Wall%20Control%20Improvement%20EI%20Romer%20Mine%20Chile_English.pdf).

–2011b. Wall Control. Viitattu 1.6.2017

[https://www.oricaminingservices.com/uploads/Fragmentation/Open%20cut/200092\\_Case%20Study\\_Wall%20Control\\_English.pdf](https://www.oricaminingservices.com/uploads/Fragmentation/Open%20cut/200092_Case%20Study_Wall%20Control_English.pdf).

Orica Mining Services 2017. Bulk Systems. Viitattu 10.8.2017

[http://www.oricaminingservices.com/fi/en/product/products\\_and\\_services/bulk\\_systems/page\\_bulk\\_systems/fortis\\_advantage\\_system/1070](http://www.oricaminingservices.com/fi/en/product/products_and_services/bulk_systems/page_bulk_systems/fortis_advantage_system/1070).

Vuolio, R – Halonen, T. 2012. Räjätystyöt. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.

## LIITTEET

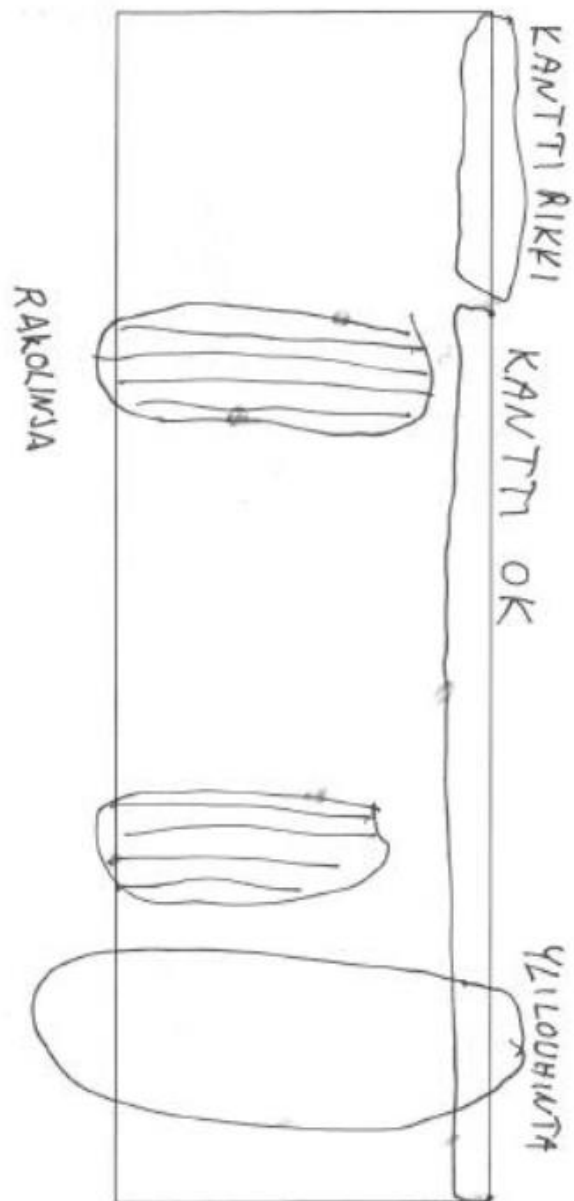
- Liite 1. B1078X003-seinämän arviointilomake
- Liite 2. B1090M025-seinämän arviointilomake
- Liite 3. B1078X004-seinämän arviointilomake
- Liite 4. B1078X005-seinämän arviointilomake
- Liite 5. B1078X006-seinämän arviointilomake
- Liite 6. B1090R026-seinämän arviointilomake
- Liite 7. B1090R027-seinämän arviointilomake
- Liite 8. Yhteenveto lomake porauksesta ja panostuksesta
- Liite 9. Blast usage report
- Liite 10. EBS- ja NONEL-kentät



Yleiskuva seinästä rusnauksen jälkeen

Merkaa vauriot, kynnet, ehjä ja rikkiäinen kantti sekä näkyvät rakolinjat reiät

### Seinämän laadun arviointi



## Seinämän laadun arviointi

Kenttä: B1090M025Pvm: 24.7.2017Mittaja: PK

Ennen rusnausta

Rusnauksen jälkeen

Rakolinjaa näkyvillä	(%/100m)	65%	80%
Yllilouhintaa	(%/seinämä)	10%	10%
Allilouhintaa	(%/seinämä)	25%	20%
Kantin eheys	(%/100m)	70%	70%
Rusnaus tunnit	(h)		

Lisätietoja: \_\_\_\_\_



1 = Kantin vaurio

3 = Seinan vaurio

2 = Kynsiä

4 = Halkeamia

Analysointi: Seinäkyynnet pääosin istonaisia, rusnauksen jälkeen  
muutama joi. Tukea reitit mahdollisim. aiheuttajia





## Seinämän laadun arviointi

Kenttä: B1078X004

Pvm: 14.8.2017

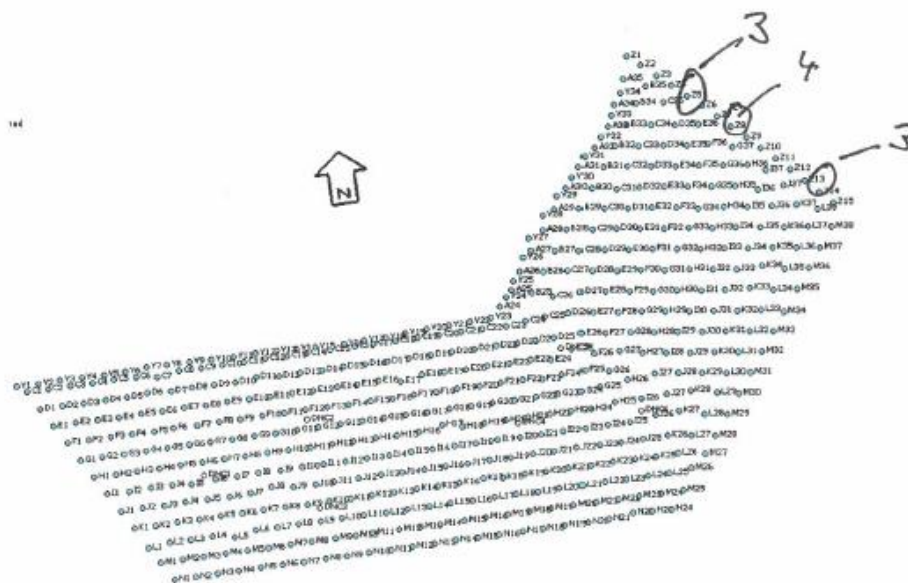
Mittaja: Antti Junnila

Ennen rusnausta

Rusnauksen jälkeen

Rakolinjaa näkyvillä	(%/100m)	80	
Yliouhintaa	(%/seinämä)	20	
Alilouhintaa	(%/seinämä)	0	
Kantin eheys	(%/100m)	75	
Rusnaus tunnit	(h)		

Lisätietoja: \_\_\_\_\_



1 = Kantin vaurio

3 = Seinän vaurio

2 = Kynsiä

4 = Halkeamia

Analysointi: Halkemien kohdalta irtolohkareet saa  
Rusnausta pois

## Seinämän laadun arviointi

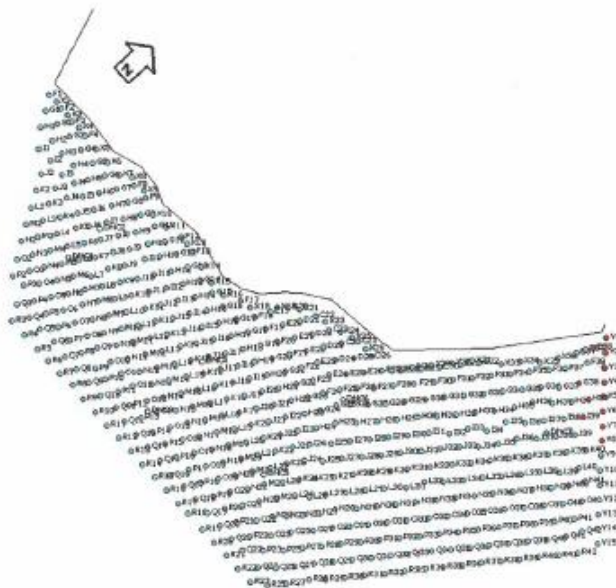
Kenttä: B1078X005Pvm: 14.8.2017Mittaaja: Antti Junniku

Ennen rusnausta

Rusnauksen jälkeen

Rakolinjaa näkyvillä	(%/100m)	5	
Ylihouhintaa	(%/seinämä)	0	
Alilouhintaa	(%/seinämä)	95	
Kantin eheys	(%/100m)	—	
Rusnaus tunnit	(h)		

Lisätietoja: \_\_\_\_\_



1 = Kantin vaurio

3 = Ylihouhintaa (ryöstö)

2 = Kynsiä

4 = Halkeamia

Analysointi: Seinä näkyi huonosti alilouhinnan vuoksi.

## Seinämän laadun arviointi

Kenttä: B1078X006

Pvm: 24.8.2017

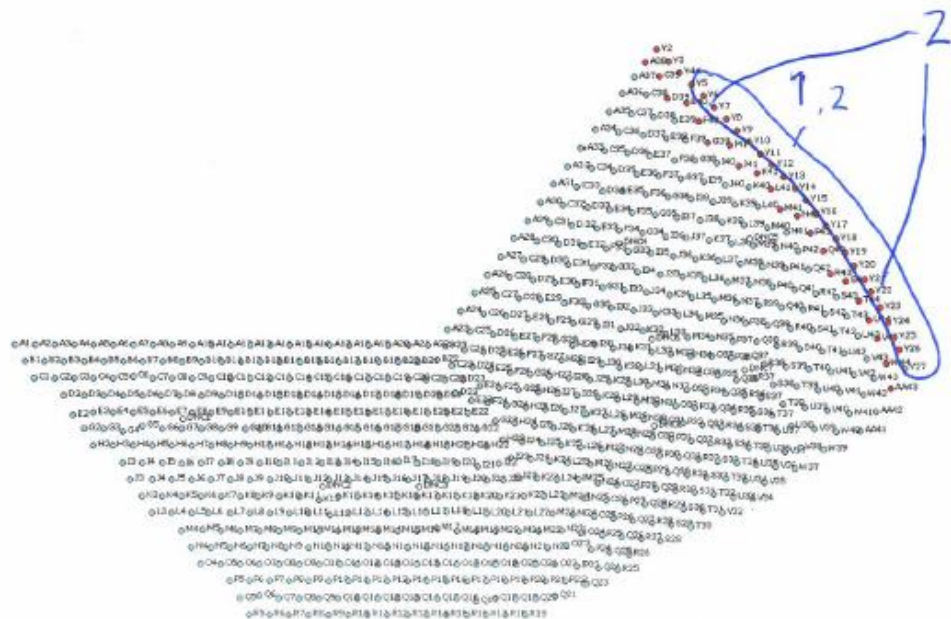
Mittaja: Antti Junnila

Ennen rusnausta

Rusnauksen jälkeen

Rakolinjaa näkyvillä	(%/100m)	5	
Ylilouhintaa	(%/seinämä)	50	
Alilouhintaa	(%/seinämä)	45	
Kantin eheys	(%/100m)	5	
Rusnaus tunnit	(h)		

Lisätietoja: Miltei koko matkalta alaosassa kynsiä tai  
alilouhintaa. Yläosassa ylilouhintaa



1 = Kantin vaurio

3 = Ylilouhintaa (ryöstö)

2 = Kynsiä

4 = Halkeamia

Analysointi:

## Seinämän laadun arviointi

Kenttä: B1090R026

Pvm: \_\_\_\_\_

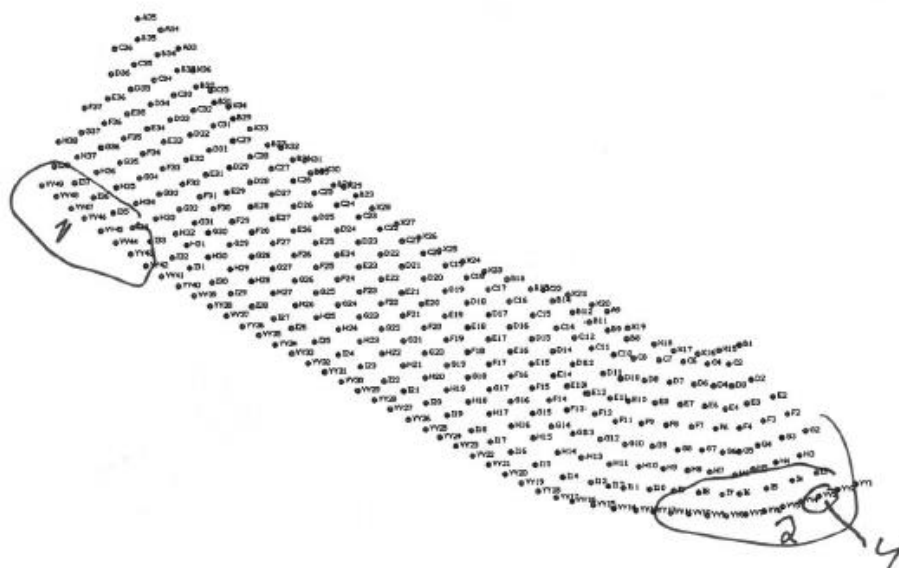
Mittaja: \_\_\_\_\_

Ennen rusnausta

Rusnauksen jälkeen

Rakolinjaa näkyvillä	(%/100m)	50%	
Ylilouhintaa	(%/seinämä)	5%	
Alilouhintaa	(%/seinämä)	45%	
Kantin eheys	(%/100m)	60%	
Rusnaus tunnit	(h)		

Lisätietoja: Kentän itäreunalla paha halkeama, informoituva rusharia



1 = Kantin vaurio

3 = Seinän vaurio

2 = Kynsiä

4 = Halkeamia

Analysointi: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Seinämän laadun arviointi

Kenttä: B1090R027

Pvm: \_\_\_\_\_

Mittaaja: \_\_\_\_\_

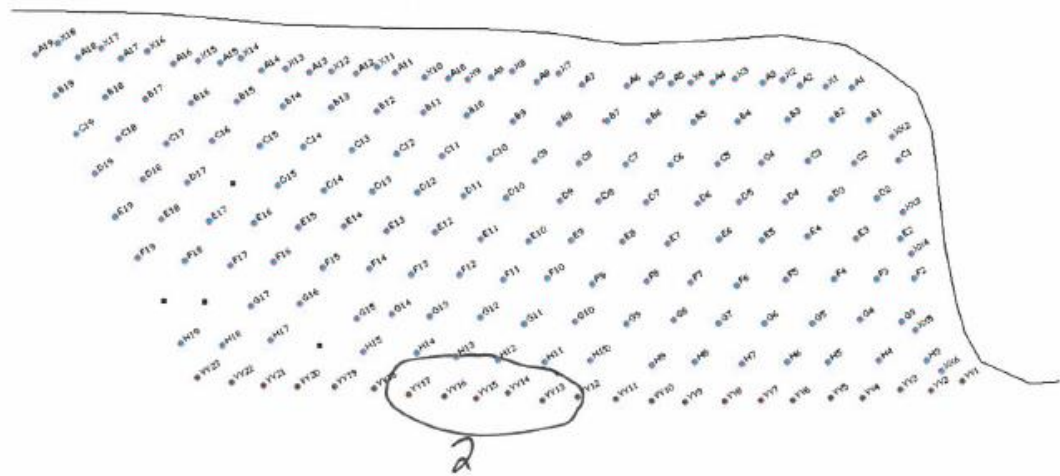
Ennen rusnausta

Rusnauksen jälkeen

Rakolinjaa näkyvillä	(%/100m)	70%	
Ylilouhintaa	(%/seinämä)	0%	
Alilouhintaa	(%/seinämä)	30%	
Kantin eheys	(%/100m)	80%	
Rusnaus tunnit	(h)		

Lisätietoja: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



1 = Kantin vaurio

3 = Seinän vaurio (rikkonainen seinä)

2 = Kynsiä

4 = Halkeamia

Analysointi: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Stage 2**

<u>B1078X001 TRIM</u> <u>Buffer –rivi:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ei tukkoja</li> <li>keskimäärin 90cm liian lyhyet reiät</li> </ul> Panostus OK <ul style="list-style-type: none"> <li>panostamaton kansi 4,5 m</li> </ul>	<u>B1090X022</u> <u>Buffer –rivi:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ei tukkoja</li> <li>keskimäärin 40 cm liian lyhyet reiät</li> </ul> Ei panostus tietoja
<u>B1078X003</u> <u>Buffer –rivi:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 tukko (8% <u>buffer rivistä</u>)</li> <li>keskimäärin 40cm syvempiä reikiä kuin suunnitelmassa</li> </ul> Panostus OK <ul style="list-style-type: none"> <li>panostamaton kansi 4,3 m</li> </ul> Rakolinja: <ul style="list-style-type: none"> <li>Ei tukkoja</li> <li>Reiät OK</li> </ul>	<u>B1090M025</u> <u>Buffer –rivi:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>2 tukko reikää (5%)</li> <li>keskimäärin 80 cm liian lyhyet reiät</li> </ul> Panostus OK <ul style="list-style-type: none"> <li>panostamaton kansi 5,3 m</li> </ul>
<u>B1078X004</u> <u>Buffer –rivi:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>1 tukko (7%)</li> <li>keskimäärin 80cm syvempiä reikiä kuin suunnitelmassa</li> </ul> Panostus OK <ul style="list-style-type: none"> <li>tiheyttä muutettu 1,15 -&gt; 1,25</li> <li>panostamaton kansi 6,3 m</li> </ul> Rakolinja: <ul style="list-style-type: none"> <li>5 tukkoa -&gt; yritetty avata muttei pysy auki</li> <li>Reiät muuten OK</li> </ul>	<u>B1090R027</u> <u>Buffer –rivi:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ei tukkoja</li> <li>Reiät OK</li> </ul> Ei panostus tietoja
<u>B1078X005</u> <u>Buffer –rivi:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>riviä siirretty rakolinjasta. (1,8 m -&gt; 2,5 m)</li> </ul> Rakolinja: <ul style="list-style-type: none"> <li>Ei tukkoja</li> <li>Reiät OK</li> </ul>	<u>B1090R028</u> <u>Buffer –rivi:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ei tukkoja</li> <li>Reiät OK, muutamaa poikkeusta lukuunottamatta</li> </ul> Panostus OK
<u>B1078X006</u> <u>Buffer –rivi:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reiät OK, ei tukkoja</li> </ul> Panostus: <ul style="list-style-type: none"> <li>Buffer –rivi ylipanostettu n. metrin puoleenväliin kenttää</li> <li>Puolet OK</li> </ul> Rakolinja: <ul style="list-style-type: none"> <li>3 tukkoa</li> <li>Muuten OK</li> </ul>	<u>B1090R026</u>  <u>Saverplug testi</u>

Tiedostot löytyy K –asemalta projektit kansion alta.

**Stage 3**

<u>C1198R013</u> Buffer -rivi: <ul style="list-style-type: none"> <li>4 tukko reikää (10%)</li> <li>Reiät 1m liian syviä</li> </ul> Panostus OK Rakolinja: <ul style="list-style-type: none"> <li>26 tukko reikää (31%)</li> </ul>	<u>C1186R012</u> Buffer -rivi: <ul style="list-style-type: none"> <li>2 tukkoa (6%)</li> <li>Reiät 1m - 1,5m liian syviä. Ohiporaus??</li> </ul> Rakolinja: <ul style="list-style-type: none"> <li>8 tukkoa</li> <li>1m - 1,5m liian syviä</li> </ul>
<u>C1186R011</u> Buffer -rivi: <ul style="list-style-type: none"> <li>1 tukkoa (3%)</li> <li>Syvytydet OK</li> </ul> Rakolinja: <ul style="list-style-type: none"> <li>5 tukkoa</li> <li>Syvytydet OK</li> </ul>	<u>C1186R009 (huom. kenttä katkaistu)</u> Buffer -rivi: <ul style="list-style-type: none"> <li>1 tukko (9%)</li> <li>Syvytydet OK</li> </ul> Panostus tietoja ei vielä Rakolinja: <ul style="list-style-type: none"> <li>1 tukko</li> <li>metriä syvemmät kuin suunn.</li> </ul>


Seinämän arviointi

Valmiit:

- B1078X003
- B1090M025

Ensimmäinen osa täytetty (odottaa rusnausta)

- B1078X004
- B1078X005
- B1078X006
- B1090R026
- B1090R027

27.6.2017	Blast Usage Report		
Mine			
Location			
Title	B1090M025	Juha Kreivi	
Filename			
Comment			

## Usage

## Drilling

Generic 165 mm	8977,2	m
<b>Subtotal</b>	<b>8977,2</b>	

## Explosives

Fortis Advantage 100 1.25	172961,7	kg
<b>Subtotal</b>	<b>172961,7</b>	

## Initiation system

Pentex 500	668	Item
Exel U Det 10.2m #500 500ms	668	Item
Pentex 1000	668	Item
Exel U Det 15m #475 475ms	668	Item
<b>Subtotal</b>	<b>2672,0</b>	

## Stemming

Stemming	52,7	m³
<b>Subtotal</b>	<b>52,7</b>	

## Key statistics

Number of blastholes	675	m
Blasthole length	13,3	m
Avg hole depth	13,3	m
Excavated volume	248003	m³
Avg bench height	12,1	m
Powder factor	0,7	
Avg burden	4,0	m
Avg spacing	3,5	m



Kentän tunnus:	B1090M025
Pengerkorkeus:	12 m
Kentän pinta-ala:	8115 m <sup>2</sup>
Kentän tilavuus:	97381 m <sup>3</sup>
Porareikien määrä:	668 kpl
Porareikien yhteispituus (sis. ohiporauksen):	8977 m
Porareikien keskimääräinen pituus:	13,3 m
Kokonaisräjähdekilot:	172962 kg
Ominaispanostus:	1.776 kg/m <sup>3</sup>
Emulsion tiheys:	1.25 (Fortis Extra)
Porakoot:	165mm

Porakoko:	165 mm
Etu:	3.3 m
Reikavali:	3.9 m
Ohiporaus:	1.5 m
Etutäyte:	3.5 m
Ominaispanostus:	1.729 kg/m <sup>3</sup>

X-rivin etutäyte 6.5 m

KENTTÄ ▾	STAGE ▾	TASO ▾	KIVI ▾	NALLI ▾
B1078X002	2	1078	Mixture	EBS
B1078X003	2	1078	Mixture	EBS
B1078X004	2	1078	Mixture	EBS
B1078X005	2	1078	Mixture	EBS
B1078X006	2	1078	Mixture	EBS
B1090X022	2	1090	Mixture	NONEL
B1090M025	2	1090	Ore	EBS
B1090R026	2	1090	Waste	EBS
B1090R028	2	1090	Waste	EBS
B1090R027	2	1090	Waste	NONEL
C1186R012	3	1186	Waste	EBS
C1186R013	3	1186	Waste	EBS
C1186R009	3	1186	Waste	EBS
C1198R012	3	1198	Waste	EBS
C1198R013	3	1198	Waste	EBS